

**PENGEMBANGAN E-LKPD TERINTEGRASI
AUGMENTED REALITY PADA MATERI GELOMBANG
BUNYI DAN CAHAYA UNTUK MENGETAHUI
KEMAMPUAN HOTS SISWA KELAS XI SMA/MA**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Pendidikan dalam Ilmu Pendidikan Fisika



Disusun Oleh :

Hernandha Mika Zudhiestira

NIM : 1908066031

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG**

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Hernandha Mika Zudhiestira
NIM : 1908066031
Jurusan : Pendidikan Fisika

Menyatakan bahwa skripsi berjudul :

Pengembangan E-LKPD Terintegrasi Augmented Reality Pada Materi Gelombang Bunyi Dan Cahaya Untuk Mengetahui Kemampuan HOTS Siswa Kelas XI SMA/MA

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 19 Juni 2023

Pembuat Pernyataan,



Hernandha Mika Zudhiestira

NIM : 1908066031



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Alamat: Jl. Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang Telp. (024) 76433366
E-mail: fst@walisongo.ac.id, Web: www.fst.walisongo.ac.id

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **PENGEMBANGAN E-LKPD TERINTEGRASI AUGMENTED REALITY
PADA MATERI GELOMBANG BUNYI DAN CAHAYA UNTUK
MENGETAHUI KEMAMPUAN HOTS SISWA KELAS XI SMA/MA**
Penulis : Hernandha Mika Zudhiestira
NIM : 1908066031
Jurusan : Pendidikan Fisika

Telah diujikan dalam sidang tugas akhir oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Pendidikan Fisika.

Semarang, 28 Juni 2023

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang,

Sekretaris Sidang,

Fachrizal Rian Pratama, M.Sc.
NIP. 1989062620191012

Drs. Jasuri, M.Si
NIP. 196710141994031005

Penguji I,

Penguji II,

Affa Ardhi Saputri, M.Pd
NIP. 199004102019032019



Susilawati, M.Pd
NIP. 198605122019032010

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Edi Daenuri Anwar, M.Si
NIP. 197907262009121002

Fachrizal Rian Pratama, M.Sc.
NIP. 198906262019031012

NOTA DINAS

Semarang, 19 Juni 2023

Yth. Ketua Program Studi Pendidikan Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum. Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

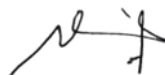
Judul : PENGEMBANGAN E-LKPD
TERINTEGRASI *AUGMENTED REALITY*
PADA MATERI GELOMBANG BUNYI
DAN CAHAYA UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN
HOTS

Nama : Hernandha Mika Zudhiestira
Nim : 1908066031
Jurusan : Pendidikan Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Pembimbing I,



Edi Daenuri Anwar, M.Si.
NIP 197907262009121002

NOTA DINAS

Semarang, 19 Juni 2023

Yth. Ketua Program Studi Pendidikan Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum. Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : PENGEMBANGAN E-LKPD
TERINTEGRASI *AUGMENTED REALITY*
PADA MATERI GELOMBANG BUNYI
DAN CAHAYA UNTUK
MENINGKATKAN KEMAMPUAN
HOTS

Nama : Hernandha Mika Zudhiestira
Nim : 1908066031
Jurusan : Pendidikan Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqasyah.

Wassalamu'alaikum. Wr.Wb.

Pembimbing II,



Fachrizal Rian Pratama, M.Sc.
NIP 198906262019031012

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan produk E-LKPD terintegrasi *augmented reality* untuk mengetahui kemampuan HOTS siswa kelas XI SMA/MA pada materi gelombang bunyi dan cahaya. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (RnD) dengan model pengembangan ADDIE (*Analyze, Design, Development, Implementation and Evaluation*) dengan tujuan mengetahui kelayakan E-LKPD yang dikembangkan, mengetahui respon siswa pada E-LKPD yang dikembangkan, serta mengetahui kemampuan HOTS siswa XI MIPA 3 SMAN 8 Semarang. Penelitian ini dilaksanakan hingga tahap Implementation yaitu uji coba skala kecil sebanyak 36 orang. Penelitian ini memiliki subjek yaitu siswa kelas XI MIPA 3 SMAN 8 Semarang. Metode penelitian yang diterapkan adalah wawancara, angket, tes dan observasi. E-LKPD terintegrasi *augmented reality* terdiri dari petunjuk penggunaan, petunjuk penginstalan, tujuan *QR code scan*, materi pembelajaran, contoh dan latihan soal. Uji kelayakan menghasilkan penjelasan bahwa E-LKPD terintegrasi *augmented reality* pada materi gelombang bunyi dan cahaya layak diterapkan sebagai bahan ajar pembelajaran dengan perolehan skor rata-rata 78,6% untuk ahli media serta skor rata-rata keseluruhan 80% untuk ahli materi. Hasil respon siswa terhadap E-LKPD terintegrasi *augmented reality* baik dengan rata-rata skor sebesar 79,4%. E-LKPD terintegrasi *augmented reality* mampu memberikan informasi mengenai kemampuan HOTS siswa, hal ini ditunjukkan pada terselesaikannya soal dengan kategori C4 sebesar 57% dengan kategori sedang, C5 sebesar 42% dengan kategori sedang, C6 sebesar 25% dengan kategori rendah, serta rata-rata perolehan soal terselesaikan sebesar 41,3% dengan kategori rendah.

Kata kunci : *E-LKPD, Augmented reality, HOTS, Gelombang Bunyi dan Cahaya*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil ‘Alamin. Puji syukur kehadiran Allah SWT Sang Pencipta nan bijaksana, serta shalawat dan salam semoga tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW. Berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian skripsi yang berjudul “Pengembangan E-LKPD Terintegrasi *Augmented Reality* Pada Materi Gelombang Bunyi dan Cahaya untuk Mengetahui Kemampuan HOTS Siswa Kelas XI SMA/MA”. Skripsi ini disusun guna memenuhi tugas dan persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan program Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, motivasi, do’a dan peran serta dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Taufiq, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Dr. H. Ismail, M.Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
3. Joko Budi Poernomo, M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika yang telah membantu proses perizinan penelitian.
4. Edi Daenuri Anwar, M.Si, selaku Pembimbing I dan Fachrizal Rian Pratama, M.Sc, selaku Pembimbing II yang telah

- berkenan meluangkan waktu, mengarahkan, memberi masukan dan membimbing sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Irman Said Prasetyo M.Sc., selaku wali dosen penulis yang telah berkenan memberi bimbingan dan pengarahan selama masa perkuliahan penulis.
 6. Irman Said Prasetyo, M.Sc., dan Istikomah, M.Sc., selaku validator yang telah memberikan arahan, perbaikan, dan penilaian terhadap produk yang dikembangkan.
 7. Segenap dosen dan staff Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah menyalurkan ilmunya dengan ikhlas selama peneliti menempuh perkuliahan.
 8. Seluruh keluarga tercinta, bapak, ibu, serta adik saya yang telah memberikan doa, semangat, materi, cinta, kasih sayang dan pengorbanan yang tidak tergantikan dengan apapun sehingga peneliti dapat menyelesaikan kuliah dan skripsi ini dengan lancar.
 9. Teman-temanku Markus Priyo Herjatmo, Murni, Tyas Jauhar Insiyah yang memberikan dukungan dan bantuan.
 10. Perempuan pemilik NIM 1908066046 yang memberikan ilmu, warna, serta semangat saat penulis menempuh pendidikan.
 11. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu yang telah membantu dan memberikan semangat, do'a dan bantuan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Harapan dan doa peneliti, semoga apa yang telah diberikan (jasa, dukungan, dan amal) semua pihak dapat menjadi ladang

pahala di surga-Nya. Peneliti menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Kritik dan saran yang membangun sangat peneliti harapkan untuk perbaikan dan kesempurnaan hasil yang telah di dapat. Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat dan ridho-Nya, baik bagi penulis maupun bagi pembaca. *Aamiin Ya Robbal 'Alamin.*

Semarang 19, Juni 2023
Penulis

Hernandha Mika Zudhiestira
NIM. 1908066031

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
NOTA DINAS.....	iv
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	10
C. Pembatasan Masalah.....	10
D. Rumusan Masalah	11
E. Tujuan Penelitian	11
F. Manfaat Penelitian	12
G. Asumsi Pengembangan.....	13
H. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan	14
BAB II LANDASAN PUSTAKA.....	15
A. Kajian Teori	15
B. Penelitian Terdahulu	50
C. Kerangka Berpikir.....	53
D. Pertanyaan Penelitian.....	55
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	57
A. Model Pengembangan.....	57

B. Prosedur Pengembangan	58
C. Desain Uji Coba Produk	63
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	81
A. Hasil Pengembangan Produk Awal.....	81
B. Hasil Uji Coba Produk.....	83
C. Revisi Produk.....	90
D. Kajian Produk Akhir.....	98
E. Keterbatasan Penelitian.....	104
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	107
A. Kesimpulan.....	107
B. Saran.....	107
DAFTAR PUSTAKA.....	109
LAMPIRAN.....	119
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	207

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
3.1	Skala penilaian E-LKPD 5 kriteria.....	69
3.2	Kriteria penilaian E-LKPD.....	70
3.3	Skala penilaian angket respon.....	71
3.4	Kategori penilaian respon.....	72
3.5	Kategori validitas.....	74
3.6	Kategori reliabilitas instrumen.....	76
3.7	Kategori kesukaran soal.....	77
3.8	Kriteria daya beda soal	78
3.9	Kategori daya serap.....	79
4.1	Nilai validitas ahli materi.....	84
4.2	Nilai validitas ahli media.....	85
4.3	Hasil uji daya beda soal.....	89
4.4	Presentase kemampuan berpikir.....	90

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
2.1	Frekuensi nada dasar dawai.....	35
2.2	Frekuensi nada atas pertama dawai.....	36
2.3	Frekuensi nada atas kedua dawai	36
2.4	Frekuensi nada dasar pipa organa terbuka	37
2.5	Frekuensi nada atas pertama pipa organa terbuka.....	38
2.6	Frekuensi nada atas kedua pipa organa terbuka.....	38
2.7	Frekuensi nada dasar pipa organa tertutup.....	40
2.8	Frekuensi nada atas pertama pipa organa tertutup.....	40
2.9	Frekuensi nada atas kedua pipa organa tertutup.....	41
2.10	Skema percobaan interferensi young.....	46
2.11	Diagram kerangka berpikir.....	55
3.1	Diagram tahap pengembangan.....	59
4.1	Grafik persentase hasil respon siswa.....	86
4.2	Tampilan awal sampul sebelum revisi.....	91
4.3	Tampilan akhir sampul setelah revisi.....	92
4.4	Tampilan background E-LKPD sebelum revisi.....	93
4.5	Tampilan background E-LKPD setelah revisi.....	93
4.6	Tampilan glosarium sebelum revisi.....	94
4.7	Tampilan glosarium sesudah revisi.....	95
4.8	Tampilan awal tujuan pembelajaran.....	95
4.9	Tampilan akhir tujuan pembelajaran.....	96
4.10	Tampilan awal objek tiga dimensi.....	96

4.11	Tampilan akhir objek tiga dimensi.....	97
4.12	Tampilan rumus sebelum revisi.....	97
4.13	Tampilan rumus setelah revisi.....	98

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Periode globalisasi kini mampu dilihat dengan perkembangan yang pesat pada seluruh bidang tanpa terkecuali pada bidang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Periode globalisasi yang telah maju dan mutakhir meminta optimalnya kualitas dan relevansi pendidikan, ini berkaitan dengan pertumbuhan sebuah negara yang ditentukan pada tingginya sumber daya manusia yang dimiliki (Istiyono et al., 2014). Berdasarkan hal di atas, pemerintah melakukan upaya guna meningkatkan kualitas serta efisiensi sistem pendidikan. Pemerintah menerbitkan Peraturan RI nomor 19 tahun 2005 tentang standar nasional pendidikan sebagai upaya dalam meningkatkan kualitas serta efisiensi sistem pendidikan di Indonesia (Peraturan RI nomor 19 tahun 2005).

Kurikulum 2013 merupakan implementasi pemerintah dalam upaya meningkatkan kualitas serta efisiensi sistem pendidikan di Indonesia. Kurikulum 2013 dikembangkan dengan maksud mewujudkan Indonesia sebagai negara bangsa yang produktif, inovatif, efektif, dan mampu memberikan kontribusi bagi pendidikan siswa, guru, dan masyarakat luas (Saragih et al., 2022).

Kurikulum ini dikembangkan dengan maksud membantu siswa memahami konsep perilaku, pengetahuan, dan keterampilan serta bagaimana mereka mampu berinteraksi pada berbagai lingkungan pendidikan, termasuk sekolah. Penerapan konsep sikap, pengetahuan dan keterampilan di sekolah terdapat pada kegiatan belajar mengajar.

Aktivitas pembelajaran yang terdapat di dalam sekolah, guru diharapkan berupaya inovatif. Penting untuk dicatat bahwa proses kegiatan belajar mengajar dipilih dengan cara yang interaktif, menginspirasi, memotivasi, dan memberdayakan peserta didik agar aktif berpartisipasi pada pembelajaran, dan memberikan siswa berbagai ruang yang tepat dengan bakat, minat serta perkembangan diri hingga psikologis. Pembelajaran fisika atau IPA pada hakikatnya memiliki tiga dimensi yaitu proses, hasil (produk), dan pengembangan perilaku (Pratiwi & Fasha, 2015). Dimensi ini memiliki karakteristik khusus dalam pelaksanaannya. Contoh dimensi tersebut adalah dimensi hasil (produk), di dalam dimensi ini dibutuhkan arahan dalam melewati proses berpikir (*way of thinking*) hingga kemampuan berpikir tingkat siswa dapat berkembang. Sistem tersebut mengutamakan sarana guru sehingga olah pikir atau *minds on* siswa mampu tercapai.

Fisika memiliki definisi sebagai pengetahuan yang dalam prosesnya melewati olah pikir serta olah tangan. Sarana untuk merealisasikan olah pikir dan olah tangan dalam pembelajaran diantaranya dengan memasok bahan ajar yang mampu menutupi keperluan tersebut (Latifah, 2015). Bahan ajar mengacu pada segala wujud bahan, baik tercetak maupun tidak, yang diterapkan dengan tujuan membantu pendidik dalam mempraktikkan kegiatan belajar mengajar dan menjadi petunjuk guna dipelajari oleh siswa dalam menggapai tingkat kompetensi yang telah ditentukan (Bahtiar, 2015). Bahan ajar memiliki peranan vital bagi guru maupun peserta didik pada pelaksanaan kegiatan belajar mengajar. Guru akan menemui kendala ketika meningkatkan efektivitas pembelajaran saat bahan ajar tidak tersedia (Perwitasari et al., 2018). Siswa pun akan mengalami kendala penyesuaian diri dalam belajar saat bahan ajar tidak tersedia, khususnya saat guru menyampaikan materi yang belum dipahami oleh para siswa.

LKPD merupakan salah satu bahan ajar yang diterapkan ketika pembelajaran berlangsung. LKPD memiliki definisi sebagai halaman-halaman yang memuat tugas untuk dikerjakan oleh siswa (Noprinda & Soleh, 2019). LKPD pada umumnya menyimpan petunjuk, langkah-langkah guna melalui suatu tugas. Tugas yang

termuat pada LKPD harus relevan dengan kompetensi dasar yang akan dituju. Bagi guru dengan tersedianya lembar kerja, memudahkan pelaksanaan belajar mengajar, sedangkan untuk peserta didik akan memudahkan belajar secara mandiri (Fitriyanti et al., 2014). Standar kompetensi lulusan (SKL) untuk jenjang pendidikan dasar hingga menengah telah diatur oleh pemerintah.

Standar Kompetensi Lulusan (SKL) dapat dicapai melalui metode yang sepenuhnya dilimpahkan kepada para pendidik sebagai tenaga profesional hingga guru diminta agar menguasai kemampuan merancang bahan ajar sendiri (Afandi, Tulus Junanto, 2016). Tidak tersedianya bahan ajar spesifik yang pemerintah sediakan memberikan dampak positif bagi guru, yaitu bebas menentukan serta merencanakan jenis bahan ajar yang mampu diterapkan ketika kegiatan belajar mengajar. Guru ketika memilih mengembangkan bahan ajar berupa LKPD dapat merancang dan mengembangkannya sesuai dengan situasi dan kondisi lapangan yang akan dilalui (Musfiqi, 2014).

Implementasi kurikulum 2013 saat ini adalah guru masih menggunakan LKPD instan dari penerbit tanpa upaya untuk mengembangkan dan membuat sendiri (Prastowo, 2018). Pemakaian LKPD yang disusun penerbit mengakibatkan materi yang akan disampaikan

pada LKPD tersebut kurang relevan dengan materi yang akan diberikan oleh pendidik (Fitriyanti et al., 2014). Faktor penyebab guru kesusahan ketika mengembangkan LKPD adalah belum memahami metode penyusunan serta pengembangan bahan ajar, kurangnya pelaksanaan pelatihan mengenai pembuatan LKPD oleh instansi terkait, dan guru belum menemukan keuntungan penyusunan atau pengembangan LKPD secara mandiri.

Indeks keterlibatan siswa dalam menggunakan LKPD yang disusun oleh penerbit lebih baik dibanding LKPD yang disusun oleh guru sekolah terkait, tetapi ketepatan antara kejadian dengan konsep dan keruntutan rantai kognitifnya masih belum optimal, sedangkan LKPD yang dikembangkan dan dirancang oleh guru sekolah terkait memiliki indeks keterlibatan siswa yang rendah namun lebih runtut serta sesuai antara fenomena dan konsep (Hidayati, 2013). Fenomena ini terjadi karena penerapan bahasa yang dirasa kurang komunikatif, artinya kata yang diterapkan belum mampu untuk memotivasi siswa agar membaca serta memunculkan rasa ingin tahu pada materi yang disampaikan. Minimnya ilustrasi pada LKPD membuat tampilannya terlihat sederhana, serta aktivitas belajar pada LKPD yang hanya memaparkan materi singkat serta kumpulan soal evaluasi

menampilkan kesan yang kurang variatif (Andayani Mirda et al., 2018).

Siswa mengalami miskonsepsi merupakan dampak lain penggunaan LKPD oleh penerbit. Miskonsepsi muncul karena bahan ajar memiliki beberapa kelemahan diantaranya, gambar yang kurang representatif dan kualitas yang kurang tinggi, belum tersedianya multimedia berupa gambar atau video animasi (Farihah, 2016).

LKPD dapat menunjang pembelajaran bagi guru dalam menerapkan *student center* serta LKPD yang diterapkan umumnya hanya menjiplak dari LKPD yang tersedia pada buku paket. Hal ini menimbulkan kekurangan pada LKPD yang dipakai yaitu (1) warna yang dipakai kurang menarik (2) kegiatan berkelompok kurang ditunjang pada langkah kerja yang tersedia (3) gambar yang tersedia sulit dibaca oleh siswa (4) bersifat abstrak dan siswa belum mengetahui istilah asing yang terdapat pada LKPD (Noprinda & Soleh, 2019).

Hasil wawancara yang telah dilaksanakan kepada salah satu guru mata pelajaran fisika SMAN 8 Semarang mengenai penggunaan LKPD dalam pembelajaran. Guru tersebut berpendapat bahwa LKPD dapat membantu pelaksanaan pembelajaran *student center* dan para murid telah terbiasa memakai LKPD pada berbagai mata

pelajaran. LKPD yang berasal dari penerbit merupakan LKPD yang kerap dipakai oleh para siswa, namun pada penggunaannya terdapat beberapa kekurangan. Kekurangan tersebut beberapa diantaranya (1) kurangnya visualisasi materi (2) penggunaan warna yang umumnya hanya hitam putih (3) materi yang disajikan bersifat abstrak (Poniman, wawancara 16 Desember 2022). Fenomena ini berdampak pada minat belajar siswa yang menurun yang berakibat kemampuan HOTS siswa yang rendah.

HOTS merupakan kemampuan berpikir yang di dalamnya meliputi aspek (1) kritis (2) kreatif (3) logis (4) reflektif (5) metakognitif (6) kreatif (Saregar et al., 2016). HOTS penting dimiliki oleh siswa agar pembelajaran menjadi berpusat pada siswa atau *student centered* (Suhady et al., 2020). Kebutuhan HOTS pada siswa tidak hanya pada aspek pembelajaran, namun juga pada masa depan yang akan mereka jalani. Siswa membutuhkan HOTS karena permasalahan pada masa depan berwujud kompleks, tidak terstruktur, rumit serta membutuhkan keterampilan berpikir lebih dari sekadar mempraktikkan apa yang telah didapat dan dipelajari (Riadi & Retnawati, 2014). Pentingnya HOTS yang harus dimiliki siswa kurang seimbang dengan bahan ajar yang dipakai (Karsono, 2017). Bahan ajar yang diterapkan siswa pada

umumnya yaitu LKPD. LKPD yang siswa gunakan pada umumnya masih menerapkan LOTS atau *Lower Order Thinking Skills* (LOTS) (Muzayyanah, 2021).

Solusi untuk menangani masalah tersebut mampu dilaksanakan dengan mengembangkan LKPD yang terintegrasi teknologi yaitu produk LKPD dengan bantuan *augmented reality* (AR). Hal ini vital dilaksanakan sebab transformasi pengajaran dari tradisional menjadi berbasis digital mampu menunjang peserta didik meraup keterampilan abad 21 (Afandi, Tulus Junanto, 2016). Penggunaan AR memiliki keunggulan, yaitu menimbulkan kegiatan pembelajaran yang lebih menarik serta mampu meningkatkan minat belajar bagi siswa (Ilmawan Mustaqim, 2017). Keunggulan lain penggunaan AR pada pembelajaran yaitu memungkinkan peserta didik meningkatkan prestasi belajar dan sikap positif pada pembelajaran (Fidan & Tuncel, 2019). Penggunaan AR juga mampu suasana belajar yang lebih nyata kepada peserta didik (Atmajaya, 2017). *Augmented reality* (AR) memiliki definisi sebagai aplikasi yang mengkombinasikan dunia nyata dan dunia maya pada bentuk dua dimensi maupun tiga dimensi yang diproyeksikan pada sebuah lingkungan nyata dalam waktu bersamaan. Penyusunan LKPD terintegrasi *augmented reality* mampu memunculkan pembiasaan

keterampilan teknologi kepada peserta didik dalam penggunaan teknologi dan pemakaian gawai pada kegiatan belajar mengajar (Ilmawan Mustaqim, 2017).

Augemented reality memiliki keunggulan yakni mampu untuk menunjang visualisasi konsep abstrak untuk pemahaman serta struktur sebuah model objek. AR kini kerap dipakai dalam aspek *game*, kedokteran, hingga *image processing*, namun pemanfaatan dalam aspek pendidikan masih jarang ditemukan (Ilmawan Mustaqim, 2017). Minimnya pengembangan dan pemanfaatan *augmented reality* pada aspek pendidikan sangat dikhawatirkan sebab keperluan untuk visualisasi konsep abstrak kerap ditemui dalam materi pelajaran. Fenomena ini terjadi disebabkan oleh beberapa faktor. Kurangnya pelatihan pembuatan media pembelajaran yang di dalamnya memuat AR menjadi salah satu faktor (Mauludin et al., 2017). Faktor berikutnya adalah kurangnya pihak yang mampu mengembangkan media pembelajaran terintegrasi AR (Khairunnisa & Aziz, 2021). Hal ini yang menyebabkan pengembangan AR pada aspek pendidikan perlu dilakukan dengan segera.

Berdasarkan permasalahan yang telah disajikan, maka dilaksanakan penelitian dengan judul Pengembangan E-LKPD Terintegrasi *Augmented Reality* Pada Materi Gelombang Bunyi Dan Cahaya Untuk

Mengetahui Kemampuan HOTS siswa kelas XI SMA/MA.

B. Identifikasi Masalah

Permasalahan yang hendak dibahas pada penelitian, diantaranya adalah :

1. Penyajian materi pada LKPD yang digunakan umumnya bersifat abstrak
2. Kurangnya visualisasi materi pada LKPD yang digunakan.
3. Penerapan teknologi *Augmented Reality* pada aspek pendidikan yang masih minim.

C. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah diterapkan agar beberapa hal tidak timbul perluasan pembahasan, dimana batasannya yakni :

1. Pemanfaatan bahan ajar pada proses perolehan sebuah materi yaitu bahan ajarnya E-LKPD terintegrasi *augmented reality* dimana pada E-LKPD tersebut akan menampilkan objek yang berwujud tiga dimensi dengan menggunakan gawai
2. E-LKPD yang dikembangkan agar dapat memberi pemahaman dan memberikan informasi mengenai kemampuan HOTS peserta didik
3. Materi fisika yang di kembangkan pada E-LKPD ini dibatasi pada materi gelombang bunyi dan cahaya.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu :

1. Bagaimana kelayakan E-LKPD terintegrasi *augmented reality* pada materi gelombang bunyi dan cahaya ?
2. Bagaimana respon siswa mengenai E-LKPD terintegrasi *augmented reality* pada materi gelombang bunyi dan cahaya ?
3. Bagaimana kemampuan HOTS siswa terhadap penggunaan E-LKPD terintegrasi *augmented reality* pada materi gelombang bunyi dan cahaya ?

E. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kelayakan E-LKPD terintegrasi *augmented reality* pada materi gelombang bunyi dan cahaya
2. Mengetahui respon siswa terhadap E-LKPD terintegrasi *augmented reality* pada materi gelombang bunyi dan cahaya
3. Mengetahui kemampuan HOTS siswa terhadap penggunaan E-LKPD terintegrasi *augmented reality* pada materi gelombang bunyi dan cahaya

F. Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilaksanakan mampu berguna untuk berbagai kalangan, diantaranya adalah :

1. Secara Teoritis
 - a. Bagi peneliti, besar harapan bahwa penelitian ini dapat memberikan tambahan pengetahuan, pengalaman, keterampilan serta tempat untuk mengembangkan dan mengimplementasikan berbagai bahan ajar yang dapat digunakan pada proses secara berkelanjutan.
 - b. Bagi tenaga pendidik, hasil dalam penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan pengetahuan serta keterampilan terkait dengan penggunaan bahan ajar yang diterapkan pada proses pembelajaran terintegrasi AR dalam memberikan pemetaan mengenai kemampuan HOTS siswa dan hasil yang didapatkan dalam proses pembelajaran.
 - c. Bagi instansi pendidikan, mampu menjadi referensi dalam proses evaluasi pada pembelajaran yang dijalankan di sekolah.
2. Secara Praktis
 - a. Bagi peneliti, besar harapan dengan terlaksananya penelitian ini maka peneliti berkesempatan untuk memperoleh ilmu yang

baru agar kedepannya tercipta proses pembelajaran yang lebih optimal.

- b. Bagi guru, penelitian ini diharapkan mampu menjadi salah satu referensi penggunaan bahan ajar pembelajaran untuk memberikan peningkatan kemampuan HOTS siswa.
- c. Bagi siswa, penelitian ini memberikan bantuan untuk mengetahui kemampuan HOTS serta hasil belajar siswa melalui penggunaan bahan ajar pembelajaran terintegrasi AR untuk memahami materi gelombang bunyi dan cahaya secara mandiri.

G. Asumsi Pengembangan

Bahan ajar ini dikembangkan berdasarkan berbagai asumsi yang telah ada, diantaranya adalah :

- a. Bahan ajar ini berwujud E-LKPD terintegrasi *augmented reality* berlandaskan alur penelitian pengembangan.
- b. Pada hal pengembangan, terdapat dua dosen atau validator, yaitu berperan untuk :
 - 1) Ahli materi: dosen yang memiliki pemahaman mengenai pelajaran fisika, dimana diutamakannya pada materi terkait gelombang bunyi dan cahaya.

- 2) Ahli desain media: yaitu dosen yang fokus pada tampilan bahan ajar yang terdiri dari tampilan E-LKPD, objek tiga dimensi, dan warna.

H. Spesifikasi Produk yang Dikembangkan

Produk yang dirancang memiliki spesifikasi, maka spesifikasi produk yang peneliti harapkan yakni:

1. Bahan ajar yang diterapkan dalam aktivitas belajar mengajar berbentuk E-LKPD yang terintegrasi *augmented reality*, sehingga mampu menunjang proses pembelajaran.
2. E-LKPD terintegrasi *augmented reality* yang telah memenuhi uji kelayakan kepraktisan hingga keefektifan.
3. E-LKPD yang dikembangkan dengan terintegrasi *augmented reality* mampu memberikan peningkatan pada kemampuan HOTS siswa serta hasil dari proses belajar siswa.
4. Penggunaan produk E-LKPD dalam penelitian ini lebih optimal dibanding produk E-LKPD sebelumnya, dimana produk yang dikembangkan terdapat gambar animasi sebagai bahan untuk mengetahui sejauh mana penguasaan materi siswa.

BAB II

LANDASAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. LKPD

a. Pandangan Al-Quran

Pandangan Al-Quran tentang LKPD, menyebabkan banyak ayat Al-Quran dapat dilihat pembahasannya terkait alam raya.

وَسَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمٰوٰتِ وَمَا فِي الْاَرْضِ جَمِيعًا مِنْهُ ۗ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ
لَءَايٰتٍ لِّقَوْمٍ يَّتَفَكَّرُوْنَ

Artinya : Dan Dia telah menundukkan untuk apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir. (QS. Al-Jatsiyah : 13).

Allah SWT menciptakan potensi serta lahan guna memberikan kesempatan bagi manusia agar mampu mengembangkan serta memanfaatkan alam raya secara optimal. Pengembangan dan pemanfaatan alam raya tidak serta merta mampu dilaksanakan, namun dapat digunakan dalam bentuk sumber belajar. Potensi yang ada mampu diperoleh guna menciptakan

inovasi terbaik dunia pendidikan baik secara formal maupun non-formal.

b. Pengertian LKPD

LKPD memiliki definisi sebagai bahan ajar yang disusun oleh pendidik dimana berisi arahan yang dapat dipakai siswa untuk mengembangkan kemampuan (Putri, 2017). Panduan ini berisi kumpulan kegiatan mendasar yang perlu dilaksanakan oleh siswa untuk mengoptimalkan pemahaman untuk usaha perwujudan kemampuan dasar sesuai indikator pencapaian hasil belajar yang wajib dilalui. Kegiatan ini dapat berupa soal berbentuk latihan dengan harapan membantu peserta didik memahami serta mengerti materi yang diajarkan (Arief, 2015). Harapan ini muncul agar siswa lulus kompetensi yang telah ditentukan (Prastowo, 2018). Berdasarkan pengertian yang telah disajikan, maka LKPD dapat diartikan sebagai bahan ajar yang mampu dikembangkan serta disusun oleh guru yang di dalamnya memuat panduan kegiatan pembelajaran yang dapat dipakai oleh siswa pada usaha lulus kompetensi yang telah ditetapkan.

Kegiatan pembelajaran yang menggunakan LKPD sebagai bahan ajarnya tentu memiliki

tujuan. Penggunaan LKPD memiliki tujuan yaitu untuk mengefektifkan kegiatan pembelajaran (Jumairi, 2015). Penggunaan LKPD dalam pembelajaran juga diharapkan mampu meningkatkan keberhasilan dalam belajar (Sagita, 2016). Tingkat pemahaman peserta didik pada materi yang telah disajikan juga tujuan pembelajaran menggunakan LKPD, kemudian mampu digunakan untuk memperlancar penyajian materi yang sulit tersampaikan secara lisan.

c. **Manfaat LKPD**

LKPD yang digunakan memiliki manfaat dimana guru dimudahkan dalam mengatur pembelajaran *student center*, konsep-konsep ditemukan oleh siswa melalui pembelajaran mandiri ataupun kelompok, mampu mengembangkan keterampilan proses, dan memudahkan penilaian ketercapaian kompetensi. Manfaat penggunaan LKPD juga dapat melatih kedisiplinan dan tanggung jawab siswa pada materi dan tugas yang dipaparkan oleh guru (Ermi, 2017). Pemanfaatan penggunaan LKPD juga dapat membantu aktivitas pembelajaran sehingga lebih efektif serta efisien (Majid, 2013).

d. Fungsi LKPD

LKPD mempunyai fungsi bagi guru yaitu mampu diimplementasikan untuk memenuhi kebutuhan peserta didik berdasarkan pemahaman belajarnya (Jumairi, 2015). LKPD juga memiliki fungsi untuk mengaktifkan siswa pada pembelajaran, menunjang siswa dalam memahami materi yang disajikan guru. Fungsi LKPD juga mampu menjadi alternatif bagi guru untuk memberi arahan kepada peserta didik agar melaksanakan kegiatan yang sesuai dengan pembelajaran.

e. Struktur LKPD

LKPD dibandingkan dengan modul memiliki struktur yang lebih sederhana tetapi lebih kompleks dibanding buku. LKPD memuat tujuh komponen penting yang memuat judul, arahan belajar, materi inti, informasi penunjang, tugas atau langkah kerja, serta penilaian (Prastowo, 2018). Bagian LKPD tersebut penting diperhatikan dalam pengembangan dan penyusunan sebuah LKPD (Shobirin et al., 2013). LKPD yang berkualitas ditandai dengan terpenuhinya komponen tersebut. Langkah-langkah dalam penyusunan LKPD terdiri dari,

analisis kurikulum, menyusun kebutuhan LKPD, menentukan judul LKPD, dan penulisan LKPD yang terdiri dari perumusan kompetensi dasar, menentukan alat penilaian, penyusunan materi yang terkait KD, dan komponen LKPD.

2. *Augmented Reality*

a. *Pengertian Augmented Reality*

Augmented reality yakni sebuah teknologi yang dapat menyajikan objek maya yang terdapat dalam lingkungan buatan ke dalam dunia nyata pada waktu yang bersamaan. *Augmented reality* merupakan suatu lingkungan yang di dalamnya terdapat objek virtual 3D dan ditampilkan di lingkungan nyata (Rifa'i, 2014). *Augmented reality* atau jika diterjemahkan ke dalam Bahasa Indonesia yaitu sebuah teknik dimana objek maya dua dimensi maupun tiga dimensi digabungkan ke dalam sebuah lingkungan nyata kemudian diproyeksikan dalam waktu nyata (Pamoedji, 2017). Berdasarkan pengertian yang telah disajikan, maka mampu ditarik kesimpulan bahwa *augmented reality* yakni sebuah teknologi yang mampu menggabungkan dunia maya dan dunia nyata lalu diproyeksikan pada waktu yang bersamaan.

b. Jenis *Augmented Reality*

Marker berperan vital dalam teknologi *augmented reality* serta berfungsi sebagai media untuk menyajikan objek tertentu yang telah ditentukan oleh sistem (Saputri, 2017). Penggunaan *marker* juga sebagai dasar pengelompokan macam-macam *augmented reality*. *Augmented reality* dikelompokkan menjadi dua menurut jenis *marker* yang digunakan yakni :

1) *Markless AR*

Markless yang digunakan pada *augmented reality* merupakan implementasi AR tanpa menggunakan penanda (Young, 2015). *Marker* ini diterapkan dengan menggunakan *global positioning system* atau kerap dikenal dengan GPS yang memiliki manfaat untuk menentukan lokasi dan mampu menyajikan data informasi yang telah ditentukan dalam sistem. Penerapan *markless* juga dapat ditemui pada *geomagnetic sensors* yang berperan dalam mendeteksi objek virtual sehingga mampu ditampilkan atau tidak (Young, 2015). Keunggulan penggunaan *markless* dalam *augmented reality* adalah

pengguna tidak perlu menggunakan *marker* dalam penyajian objek-objek yang terdapat pada sistem (Saputri, 2017). Keunggulan lain dari *markless* yaitu cakupan yang dimiliki cukup luas.

2) *Mark Based AR*

Marker based yang diterapkan pada *augmented reality* adalah penerapan AR menggunakan suatu *marker* khusus yang telah diatur oleh sistem dan dapat dikenal oleh perangkat pengguna (Young, 2015). *Marker* jenis ini kerap digunakan berupa *code QR*. *QR code* merupakan ilustrasi hitam seta putih persegi dengan latar belakang putih serta batas hitam tebal (Saputri, 2017). Pada *Marker* jenis selain berupa *QR code* juga dapat berupa gambar (Perwitasari et al., 2018). Keunggulan *marker based* dalam *augmented reality* adalah kesederhanaan saat membuat aplikasi. Keunggulan lain *marker based* adalah akurasi penempatan objek lebih akurat dibanding dengan *markless* dan data yang diproses dapat dilakukan tanpa terhubung dengan jaringan internet. Kelemahan pada *mark based* yaitu pada

spesifikasi kamera pengguna harus mumpuni dan penggunaan *marker* akan berpengaruh pada saat pendeteksian objek (Young, 2015).

c. Komponen *Augmented Reality*

Visualisasi merupakan teknik yang digunakan pada *augmented reality* yang memungkinkan objek ditampilkan melalui layar gawai atau perangkat lain tergantung jenis perangkat yang sedang digunakan (Perwitasari et al., 2018). Pada saat objek ditampilkan diperlukan komponen-komponen. Komponen tersebut meliputi sensor, *processor*, serta objek yang ditampilkan.

d. Kelebihan dan Kekurangan *Augmented Reality*

Teknologi yang berkembang dengan pesat dapat digunakan untuk menunjang media pembelajaran, diantaranya *augmented reality*. Penggunaan *augmented reality* sama seperti teknologi lain yang mempunyai kelebihan dan kekurangan, diantaranya yakni :

1) Kelebihan AR

Augmented reality yang diterapkan pada pembelajaran memungkinkan meningkatnya minat belajar siswa, interaktif dan efektif saat

digunakan, memungkinkan diimplementasikan secara luas dalam berbagai media seperti gambar serta video, pengoperasian relatif mudah (Ilmawan Mustaqim, 2017). Kelebihan lain *augmented reality* yaitu tampilan objek virtual pada layar gawai terasa nyata dibanding dengan *virtual reality* yang membutuhkan bantuan perangkat lain seperti *joystick* dan biaya yang dikeluarkan lebih terjangkau karena *augmented reality* tidak membutuhkan perangkat khusus pada penggunaannya (Young, 2015). Penggunaan *augmented reality* juga memungkinkan peserta didik untuk belajar di luar kelas tanpa membutuhkan biaya tambahan untuk pengadaan media pembelajaran luar ruangan (Sahertian, 2013). Penggunaan *augmented reality* juga mampu mendorong motivasi, pemahaman, serta keterlibatan siswa yang lebih optimal dengan konten yang akan disampaikan (Coimbra et al., 2015).

2) Kekurangan AR

Augmented reality terdapat kekurangan di dalamnya. Kekurangan ini meliputi kurangnya pengetahuan mengenai teknologi

ini yang mengakibatkan penggunaanya relatif masih sedikit, objek yang ditampilkan sensitif terhadap sudut pandang yang dapat menghilang secara tiba-tiba, dan memori yang dibutuhkan pada perangkat yang terpasang *augmented reality* relatif besar (Ilmawan Mustaqim, 2017). Kekurangan lain *augmented reality* adalah belum optimalnya teknologi pendukung (Young, 2015). AR dalam bidang pendidikan masih dalam tahap dasar (Nincarean et al., 2013) dan memerlukan tahap pengembangan lebih lanjut agar lebih optimal dalam pembelajaran (Wu et al., 2013).

3. *High Order Thinking Skill (HOTS)*

a. *Pengertian High Order Thinking Skill*

HOTS atau keterampilan berpikir tingkat tinggi yaitu keterampilan berpikir matematis yang di dalamnya meliputi analisis, evaluasi, dan penerapan konsep matematika pada penyelesaian suatu masalah dengan cara yang tepat (Musfiqi, 2014). HOTS juga dapat disebut sebagai proses berpikir yang bukan hanya menghafal namun juga menyajikan ulang informasi yang telah didapat. Kemampuan berpikir tingkat tinggi dapat memberikan kemahiran dalam menghubungkan,

memanipulasi serta mengonversi pengetahuan dan pengalaman yang telah dipunyai agar mampu berpikir secara kritis serta kreatif pada usaha memutuskan keputusan serta penyelesaian masalah dalam kondisi yang berbeda (Rofiah et al., 2013).

Berpikir tingkat tinggi juga mampu didefinisikan sebagai pemikiran dengan taraf yang lebih dalam dibanding hanya mengingat fakta atau menyampaikan sesuatu yang sama sesuai yang dikomunikasikan (Saregar et al., 2016). Keterampilan saat belajar berkomunikasi, penalaran, penyelesaian masalah serta belajar secara sistematis dengan mengaitkan ide-ide yang tersedia juga definisi dari HOTS (Yaniawati, 2013).

b. Aspek High Order Thinking Skill

Seseorang mempunyai kemampuan berpikir tinggi pada umumnya memperlihatkan aspek : (Rofiah et al., 2013)

1) *Transfer*

HOTS sebagai transfer memiliki definisi pembelajaran yang bermakna. Pendekatan ini berkaitan dengan konstruksi kognitif dari revisi Taksonomi

Bloom. Pembelajaran ini bertujuan yaitu menggenapi pengetahuan peserta didik dalam melaksanakan transfer. Mampu berpikir dalam penerapan pengetahuan serta keterampilan yang didapatkan dengan metode pengembangan. Kondisi tersebut, diharapkan mampu bijaksana dengan menciptakan kritikan yang mendasar.

2) Berpikir kritis

Berpikir kritis memiliki definisi cara berpikir yang reflektif untuk dapat fokus pada penentuan keputusan yang akan diambil. Berpikir kritis juga memiliki definisi lain dimana pemikiran yang berkaitan dengan penalaran, menanyakan serta menyelidiki, memperhatikan serta menggambarkan, membandingkan dan menghubungkan, melihat sudut pandang lain. Berpikir kritis memungkinkan siswa untuk melakukan evaluasi, asumsi, logika dan bahasa.

3) Pemecahan Masalah

Kondisi saat ingin mendapatkan suatu pencapaian atau tujuan tertentu, tentu proses yang dilalui tidak mudah sehingga dibutuhkan solusi yang tepat untuk menunjangnya. Salah satu hal yang dapat menunjang adalah proses berpikir kritis. Proses berpikir tersebut sebagai upaya penyelesaian masalah (Rofiah et al., 2013)

4) Berpikir Kreatif

Berpikir kreatif merupakan kemampuan yang berkaitan dengan mengkreasikan, mengimajinasikan, mendesain, menemukan, menduga serta memunculkan sesuatu. Sebagai acuan dalam mengetahui aspek HOTS ini didasarkan dengan Taksonomi Bloom. HOTS memuat ranah kognitif yaitu analisis (C4), evaluasi (C5), serta kreativitas (C6).

c. Indikator HOTS

Kemampuan berpikir tingkat tinggi pada umumnya meliputi indikator : (Krathwol, 2015)

1) Menganalisis (C4)

Menganalisis merupakan suatu tindakan untuk menguraikan suatu pembahasan atau objek ke bagian penyusunnya serta memutuskan bagaimana hubungan antar bagian penyusun tersebut dengan struktur utamanya. Indikator ini memuat proses membedakan, pengorganisasian, serta *attributing*.

2) Mengevaluasi (C5)

Mengevaluasi merupakan menentukan suatu pertimbangan atau penilaian menurut kategori atau standar yang telah disepakati. Standar mengevaluasi dapat berupa kuantitatif.

3) Mengkreasi (C6)

Mengkreasi yakni memposisikan unsur bersama guna membuat satu kesatuan yang padu atau fungsional; yakni, reorganisasi unsur pada pola maupun struktur terkini. Kegiatan ini juga memungkinkan dalam mencipta yaitu menghipotesiskan, merencanakan, serta menghasilkan. Tahapan

kreatif diuraikan menjadi 3 yakni (a) representasi masalah (b) perencanaan solusi dan (c) pelaksanaan solusi.

4. Gelombang bunyi dan cahaya

a. Karakteristik gelombang bunyi

Gelombang bunyi memiliki definisi sebagai gelombang longitudinal serta mekanika yang mampu menjalar melalui berbagai medium padat, cair, maupun gas. Gelombang mekanik yakni suatu gelombang yang membutuhkan medium untuk merambat (Simamora, 2021). Gelombang yang arah getar serta rambatnya sejajar disebut gelombang longitudinal (Halliday, Resnick, 2010). Gelombang bunyi membutuhkan waktu untuk merambat dari satu titik menuju titik lain. Cepat rambat bunyi v didefinisikan sebagai hasil bagi antara jarak yang ditempuh, s , dengan waktu yang dibutuhkan, t , seperti ditunjukkan oleh Persamaan 2.1

$$v = \frac{s}{t} \quad (2.1)$$

Besar kecilnya cepat rambat bunyi ditentukan oleh jenis mediumnya

1) Cepat rambat bunyi di udara

Bunyi membutuhkan waktu agar merambat dari satu tempat ke tempat lain. Cepat rambat bunyi didefinisikan sebagai jarak yang ditempuh gelombang untuk berpindah dari suatu tempat ke tempat lain. Secara matematis cepat rambat bunyi di udara ditunjukkan Persamaan 2.2

$$v = \lambda f \quad (2.2)$$

2) Cepat rambat bunyi pada materi padat

Cepat bunyi merambat pada materi padat dipengaruhi pada jenis serta massa jenis zat padat yang dilalui oleh bunyi. Persamaan yang dapat dipakai untuk menyelesaikan cepat rambat bunyi ditunjukkan oleh Persamaan 2.3

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (2.3)$$

dengan :

E = modulus elastis bahan logam (N/m^2
atau Pa)

ρ = massa jenis bahan logam (kg/m^3)

3) Cepat rambat bunyi pada zat gas

Bunyi merambat dalam merupakan keadaan dimana gas tidak bergantung pada tekanan. Cepat rambat bunyi akan tetap jika hanya tekanan gas yang berubah. Persamaan yang dapat digunakan untuk menyelesaikan cepat rambat bunyi dalam gas ditunjukkan oleh Persamaan 2.4

$$v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}} \quad (2.4)$$

dengan :

γ = tetapan Laplace (monoatomik = 1,67
dan diatomik = $\frac{7}{5}$)

R = tetapan umum gas (8.300 Jkmol⁻¹K⁻¹)

T = suhu mutlak (K)

M = massa molekul gas (kg kmol⁻¹)

b. Gejala pada gelombang bunyi

Gejala yang dialami gelombang bunyi sebagai berikut :

1) Pemantulan gelombang bunyi (refleksi)

Penghalang memantulkan bunyi. Hukum pemantulan dipenuhi oleh pemantulan bunyi, dimana sudut tiba serta

sudut pantul. Efek pemantulan bunyi dalam ruang tertutup menghasilkan gaung, dimana sebagian bunyi pantul mengikuti bunyi utama yang utama bunyi asli menjadi samar.

2) Pembiasan gelombang bunyi

Bunyi petir terdengar lebih jelas dibanding pada siang hari. Lapisan udara bagian bawah pada siang hari lebih panas dibanding lapisan atasnya. Suhu rendah menyebabkan cepat rambat lebih kecil dibanding suhu tinggi. Keadaan seperti ini mengakibatkan kecepatan bunyi dalam lapisan udara atas lebih kecil dibanding kecepatan bunyi pada lapisan bawah. Kondisi ini menyebabkan bunyi petir yang pada siang hari yang merambat melalui lapisan udara atas (medium rapat) menuju lapisan bawah (medium renggang) akan dibiaskan menjauhi garis normal.

3) Difraksi gelombang bunyi

Gelombang bunyi dapat dengan leluasa mengalami difraksi, hal tersebut disebabkan perbedaan rentang panjang gelombang bunyi yang berkisar antara beberapa sentimeter hingga beberapa meter, hal ini berbeda

dengan rentang gelombang cahaya 500 nm. Keadaan tersebut menimbulkan difraksi pada gelombang yang memiliki panjang gelombang lebih besar

4) Interferensi gelombang bunyi

Interferensi memiliki arti perpaduan. Interferensi antar dua buah gelombang bunyi yang mempunyai panjang gelombang sama serta merambat melalui sebuah titik yang serupa, tergantung pada selisih fase diantara kedua gelombang tersebut. Saat kedua gelombang sefase bertemu maka akan terjadi interferensi yang konstruktif atau mempunyai beda lintasan yang merupakan kelipatan bulat dari panjang gelombangnya yaitu n . Keadaan kedua gelombang yang mempunyai beda fase atau beda lintasan bertemu maka interferensi akan bersifat destruktif.

5) Resonansi bunyi

Resonansi bunyi yakni peristiwa dimana sebuah benda turut bergetar karena benda lain yang bergetar dan mempunyai frekuensi yang serupa (Juniardi, 2022). Udara dan atau gas di sekitar sumber bunyi akan ikut serupa apabila mempunyai frekuensi

alami yang sama dengan frekuensi alami sumber bunyi (Swawintika, 2022).

6) Efek doppler

Johan Christian Doppler merupakan fisikawan asal Austria yang pada tahun 1842 mengajukan efek yang sekarang dikenal dengan efek doppler. Keadaan dimana sumber bunyi bergeser maupun keduanya bergerak beriringan, maka frekuensi f_s yang ditimbulkan dan frekuensi f_p yang terekam berkaitan dengan

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} f_s \quad (2.5)$$

dimana v adalah laju bunyi yang melalui udara, v_p merupakan laju detektor/pendengar relatif terhadap udara dan v_s adalah laju sumber bunyi relatif terhadap udara.

7) Pelayangan gelombang

Pelayangan gelombang muncul pada saat dua gelombang yang memiliki frekuensi yang sedikit berbeda, f_1 dan f_2 terekam secara beriringan. Frekuensi pelayangan gelombang dinyatakan sebagai berikut :

$$f_{\text{layangan}} = f_1 - f_2 \quad (2.6)$$

c. Sumber bunyi

1) Dawai atau senar

Dawai atau senar merupakan alat musik yang mampu mengeluarkan suara dengan cara menggetarkan dawai atau senar. Kondisi saat dawai atau senar digetarkan akan menghasilkan frekuensi. Frekuensi pada senar atau dawai dinyatakan pada persamaan 2.7

$$f_n = nf_1 = \frac{nv}{2L} = \frac{n}{2L} \quad (2.7)$$

dengan $n = 1, 2, 3, \dots$

Hal tersebut menyebabkan frekuensi nada-nada atas senar merupakan kelipatan bulat dari frekuensi nada dasarnya. Cepat rambat dawai dinyatakan :

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (2.8)$$

Karena $\mu = \frac{m}{L}$, dan $m = \rho V = \rho LA$, maka :

$$v = \sqrt{\frac{FL}{m}} \quad (2.9)$$

dengan :

v = Cepat rambat gelombang (m/s)

F = Gaya tegangan pada dawai (N)

μ = Massa per satuan panjang dawai (kg/m)

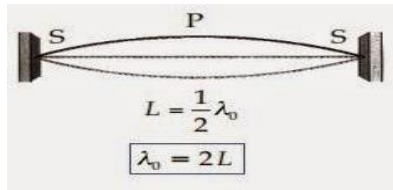
ρ = Massa jenis zat (kg/m^3)

L = Panjang dawai (m)

A = Luas penampang dawai (m^2)

Frekuensi pada dawai atau senar yaitu :

a) Frekuensi nada dasar f_0



Gambar 2.1 frekuensi nada dasar dawai

Gelombang yang terbentuk $\frac{1}{2}$ pada nada dasar.

$$L = \frac{1}{2} \lambda_0 \quad (2.10)$$

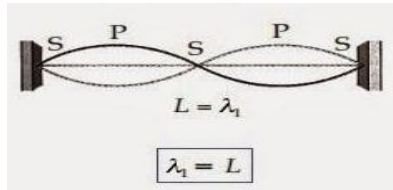
karena

$$\lambda_0 = 2L \quad (2.11)$$

maka

$$f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{2L} \quad (2.12)$$

b) Frekuensi nada atas pertama f_1



Gambar 2.2 frekuensi nada atas pertama dawai

Gelombang terbentuk satu pada nada atas pertama.

$$L = \lambda_1 \quad (2.13)$$

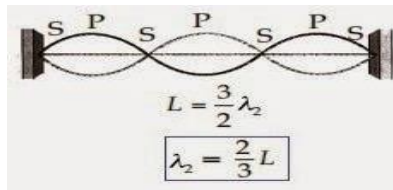
karena

$$\lambda_1 = L \quad (2.14)$$

maka

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = 2\left(\frac{v}{2L}\right) = 2f_0 \quad (2.15)$$

c) Frekuensi nada atas kedua f_2



Gambar 2.3 frekuensi nada atas kedua dawai

Gelombang terbentuk $\frac{3}{2}$ pada nada atas kedua.

$$L = \frac{3}{2}\lambda_2 \quad (2.16)$$

karena

$$\lambda_2 = \frac{2}{3}L \quad (2.17)$$

maka

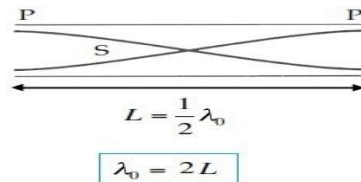
$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = 3\left(\frac{v}{2L}\right) = 3f_0 \quad (2.18)$$

2) Pipa organa terbuka

Pipa organa terbuka merupakan suatu pipa organa yang tepinya terbuka dan terhubung dengan udara luar. Nada dasar pipa organa terbuka memiliki pola 2 perut serta 1 simpul. Panjang kolom udara sama dengan $\frac{1}{2}$ (jarak antara 2 perut berdekatan).

Frekuensi pada pipa organa terbuka yaitu :

a) Frekuensi nada dasar f_0



Gambar 2.4 Frekuensi nada dasar pipa organa terbuka

Gelombang terbentuk $\frac{1}{2}$ pada nada dasar.

$$L = \frac{1}{2}\lambda_0 \quad (2.19)$$

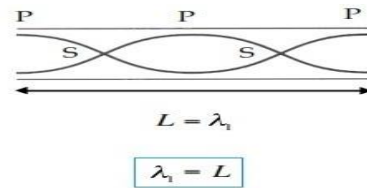
karena

$$\lambda_0 = 2L \quad (2.20)$$

maka

$$f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{2L} \quad (2.21)$$

b) Frekuensi nada atas pertama f_1



Gambar 2.5 Frekuensi nada atas pertama pipa organa terbuka

Gelombang terbentuk 1 pada nada atas pertama.

$$L = \lambda_1 \quad (2.22)$$

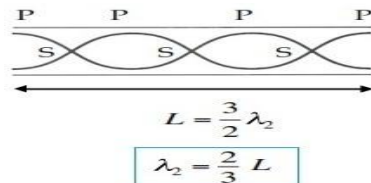
karena

$$\lambda_1 = L \quad (2.23)$$

maka

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = 2\left(\frac{v}{2L}\right) = 2f_0 \quad (2.24)$$

c) Frekuensi nada atas kedua f_2



Gambar 2.6 Frekuensi nada atas kedua pipa organa terbuka

Gelombang terbentuk $\frac{3}{2}$ pada nada atas kedua.

$$L = \frac{3}{2}\lambda_2 \quad (2.25)$$

karena

$$\lambda_2 = \frac{2}{3}L \quad (2.26)$$

maka

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = 3\left(\frac{v}{2L}\right) = 3f_0 \quad (2.27)$$

Frekuensi resonansi pipa terbuka ini memiliki persamaan sebagai berikut :

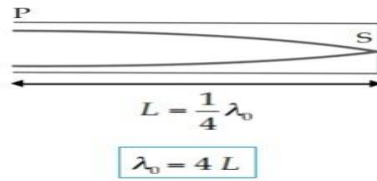
$$f_n = nf_1 = \frac{(n+1)v}{2L} \quad (2.28)$$

dengan $n = 1, 2, 3, \dots$

3) Pipa organa tertutup

Sebuah pipa organa memiliki tepi tertutup maka udara tidak leluasa berpindah yang mengakibatkan pada tepi pipa selalu muncul simpul. Nada dasar pipa organa tertutup timbul 1 perut dan 1 simpul. Panjang pipa setara $\frac{1}{4}$ (jarak antar perut serta simpul berdekatan). Frekuensi pada pipa organa tertutup yaitu :

a) Frekuensi nada dasar f_0



Gambar 2.7 Frekuensi nada dasar pipa organa tertutup

Gelombang terbentuk $\frac{1}{4}$ pada nada dasar.

$$L = \frac{1}{4} \lambda_0 \quad (2.29)$$

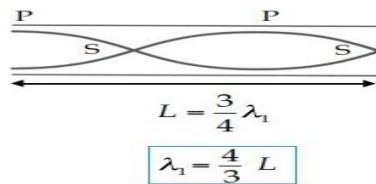
karena

$$\lambda_0 = 4L \quad (2.30)$$

maka

$$f_0 = \frac{v}{\lambda_0} = \frac{v}{4L} \quad (2.31)$$

b) Frekuensi nada atas pertama f_1



Gambar 2.8 Frekuensi nada atas pertama pipa organa tertutup

Gelombang terbentuk $\frac{3}{4}$ pada nada atas pertama.

$$L = \frac{3}{4} \lambda_1 \quad (2.32)$$

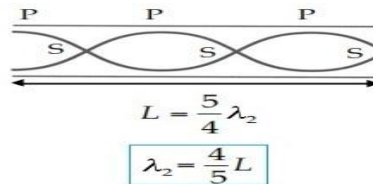
karena

$$\lambda_1 = \frac{4}{3} L \quad (2.33)$$

maka

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{\frac{4}{3}L} = 3\left(\frac{v}{4L}\right) = 3f_0 \quad (2.34)$$

c) Frekuensi nada atas kedua f_2



Gambar 2.9 Frekuensi nada atas kedua pipa organa tertutup

Gelombang terbentuk $\frac{5}{4}$ pada nada atas pertama.

$$L = \frac{5}{4} \lambda_1 \quad (2.35)$$

karena

$$\lambda_2 = \frac{4}{5} L \quad (2.36)$$

maka

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{\frac{4}{5}L} = 5\left(\frac{v}{4L}\right) = 5f_0 \quad (2.37)$$

Frekuensi alami pipa organa tertutup secara alami yaitu

$$f_n = n f_1 = \frac{(2n+1)v}{4L} \quad (2.38)$$

dengan $n = 1, 2, 3, \dots$

d. Intensitas dan taraf intensitas

Bunyi dapat diperoleh dari benda yang bergetar. Lemah kuatnya bunyi terhubung dengan amplitudo getarnya. Jarak sumber bunyi dengan pendengar mempengaruhi keras lemahnya bunyi.

1) Intensitas gelombang

Daya gelombang yang berpindah melewati suatu bidang yang memiliki satuan yang tegak lurus pada arah rambat gelombang merupakan pengertian intensitas gelombang. Persamaan tersebut ditulis sebagai berikut :

$$I = \frac{P}{A} \quad (2.39)$$

dengan :

I = intensitas gelombang (W/m^2)

P = daya (W)

A = luas bidang (m^2)

2) Taraf intensitas

Bunyi yang tertangkap dalam detektor tidak disimbolkan memakai satuan Wm^{-2} namun menggunakan satuan desibel (dB).

Satuan desibel merupakan satuan bel (sebuah satuan yang diambil dari nama penemu telepon, Alexander Graham Bell). Besaran ini umumnya dikenal sebagai taraf intensitas bunyi atau intensitas relatif, yang memiliki persamaan sebagai berikut :

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (2.40)$$

dengan :

I = intensitas bunyi (W/m^2)

I_0 = intensitas standar = $10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$

TI = taraf intensitas bunyi (dB)

Keadaan dimana diketahui n buah sumber bunyi serupa yang masing-masing mempunyai taraf intensitas TI , maka taraf intensitas keseluruhan n sumber bunyi disajikan sebagai berikut.

$$TI_n = TI + 10 \log n \quad (2.41)$$

Keadaan Ketika taraf intensitas pada jarak r_1 dari pusat bunyi adalah T_1 , maka taraf intensitas pada suatu titik yang berjarak r_2 dari pusat bunyi dinyatakan sebagai berikut.

$$TI_2 = TI_1 - 20 \log \frac{r_1}{r_2} \quad (2.42)$$

e. Karakteristik gelombang cahaya

Cahaya merupakan rambatan dari medan listrik yang bergetar serta medan magnetik yang saling tegak lurus, keduanya saling tegak lurus dengan arah rambat cahaya, berdasarkan hal tersebut maka cahaya termasuk gelombang transversal (Muniarti et al., 2015). Cahaya yaitu gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik memiliki definisi sebagai gelombang yang merambat tanpa medium yang membawa energi listrik dan magnet (Salsabillah et al., 2018).

f. Gejala pada gelombang cahaya

Gejala yang dialami cahaya sebagai berikut

1) Polarisasi

Polarisasi cahaya yakni fenomena ketika arah getar cahaya terserap sebagian. Cahaya terpolarisasi merupakan sebutan untuk arah getar yang terserap sebagian, serta saat cahaya hanya memiliki satu arah getar tertentu dinamakan cahaya terpolarisasi linier. Cahaya terpolarisasi mampu didapatkan dari cahaya yang tak terpolarisasikan, yakni dengan meniadakan semua arah getar serta melewatkan satu arah

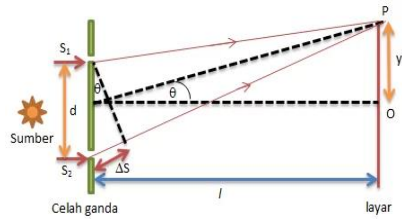
getar. Terdapat empat metode guna melakukan hal tersebut, yakni (a) penyerapan selektif; (b) pemantulan; (c) pembiasan ganda; (d) hamburan.

2) Interferensi cahaya

Interferensi merupakan penggabungan dua gelombang atau lebih menjadi satu gelombang baru. Interferensi cahaya sangat sulit untuk diamati. Hal ini dapat diatasi dengan memberikan sinar pada dua sumber cahaya dari celah tunggal ke arah dua celah atau lebih, maka akan menimbulkan pola interferensi. Interferensi dibagi menjadi dua, yaitu :

a) Interferensi celah ganda

Thomas Young melakukan sebuah percobaan yang kerap disebut interferensi Young. Percobaan ini menimbulkan pola interferensi terang dan gelap yang saling berganti. Skema pada percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 skema percobaan interferensi young

Interferensi maksimum (pita terang) timbul saat kedua gelombang yang berpadu mempunyai fase yang sama. Secara matematis menjadi Persamaan 2.43

$$d \sin \theta = n\lambda \text{ atau } d \frac{y}{l} = n\lambda \quad (2.43)$$

dengan :

n = orde interferensi (urutan pola gelap/terang dari terang pusat), $n = 1, 2, 3, \dots$

d = jarak antar celah (m)

l = jarak layar dari celah (m)

θ = sudut deviasi

λ = panjang gelombang (m)

y = jarak terang ke- n atau gelap ke- n ketertang pusat

S_1 = celah pertama

S_2 = celah kedua

O = terang pusat

P = terang n

Interferensi minimum (pita gelap) muncul saat kedua gelombang mempunyai beda fase. Secara matematis menjadi persamaan 2.44

$$d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda \text{ atau } d \frac{y}{l} = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

(2.44)

dengan $n = 1, 2, 3, \dots$

$n = 1$ untuk pita gelap pertama, $n = 2$ untuk pita gelap kedua, dan seterusnya.

b) Interferensi selaput tipis

Interferensi selaput tipis timbul karena terdapat sinar yang dipantulkan langsung serta sinar yang dipantulkan setelah dibiaskan. Percobaan ini menghasilkan kesimpulan yaitu cahaya monokromatik mengenai suatu lapisan tipis, sebagian cahaya tersebut dipantulkan dan sebagian dibiaskan kemudian dipantulkan kembali. Persamaan untuk interferensi maksimum yaitu :

$$2nd \cos r = (2m + 1) \frac{1}{2} \lambda \quad (2.45)$$

Persamaan untuk interferensi minimum yaitu :

$$2nd \cos r = (2m) \frac{1}{2} \lambda \quad (2.46)$$

dengan :

d = tebal lapisan (m)

n = indeks bias lapisan tipis

r = sudut bias sinar

λ = panjang gelombang (m)

m = orde interferensi

3) Difraksi cahaya

Gejala difraksi yang dialami cahaya mampu dilihat pada percobaan gelombang cahaya yang dilalui pada suatu celah sempit. Difraksi atau pelenturan akan timbul apabila cahaya melalui celah tunggal. Hal ini menyebabkan pola gelap terang di dalam layar yang menangkapnya. Posisi paling tengah adalah paling lebar serta terang. Pola disampingnya terlihat gelap serta terang saling bergantian. Secara umum dinyatakan bahwa pita gelap ke- n muncul apabila

$$\sin \theta = \frac{n\lambda}{d} \quad (2.47)$$

$$d \sin \theta = n\lambda \quad (2.48)$$

dengan $n = 1, 2, 3, \dots$

$n = 1$ menyatakan garis gelap pertama, $n = 2$ menyatakan garis gelap ke 2, dan seterusnya.

Pola interferensi dengan lebar tiap pola hampir serupa disebabkan oleh interferensi yang dilakukan pada berbagai celah sempit. Celah ini dinamakan kisi difraksi. Celah di antara goresan sejajar yang terletak di kaca mampu mencapai ribuan garis (goresan) per sentimeter. Berdasarkan data banyak garis per sentimeter, mampu diketahui jarak antar celah atau dinamakan dengan tetapan kisi. Kondisi saat diketahui N garis per satuan panjang, tetapan kisi, d , adalah kebalikan N .

$$d = \frac{1}{N} \quad (2.49)$$

kisi difraksi menggunakan persamaan

$$d \sin \theta = n\lambda \quad (2.50)$$

B. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang relevan dan mampu dijadikan acuan dalam penelitian ini yaitu :

- 1) Penelitian Dhanang Setyo (2019) mengenai pengembangan pengembangan LKS bermuatan *augmented reality* menghasilkan suatu penjelasan

bahwa LKS dengan konten AR mampu meningkatkan motivasi serta hasil belajar siswa SMP. Penelitian ini termasuk penelitian pengembangan dengan rancangan penelitian *one group pretest-posttest design*. Persamaan penelitian terdapat pada penggunaan *augmented reality*, merupakan penelitian pengembangan, analisis data yang digunakan dan mengembangkan LKS/LKPD. Perbedaan penelitian ini terdapat pada tujuan penelitian, materi yang digunakan, waktu, lokasi, dan sampel yang diambil.

- 2) Penelitian Yuliono dan Rintayanti (2018) tentang efektivitas AR sebagai media pembelajaran menyatakan bahwa penerapan media pembelajaran *augmented reality* (AR) efektif terhadap penguasaan konsep materi sistem pencernaan manusia pada peserta didik kelas V sekolah dasar di Kabupaten Sragen. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian quasi eksperimen. Analisis data menggunakan observasi, tes dan dokumentasi. Persamaan penelitian terdapat pada penggunaan *augmented reality* dan analisis data yang digunakan. Perbedaan penelitian terdapat pada materi yang digunakan, teknik pengambilan sampel, sampel yang diambil, waktu dan tempat yang diteliti.

- 3) Penelitian Faiqoh (2019) mengenai pengembangan LKPD berbasis HOTS menghasilkan suatu penjelasan bahwa pengembangan LKPD matematika berbasis *high order thinking skill* materi bangun ruang pada kelas V sekolah dasar mampu dijadikan sebagai bahan ajar untuk melengkapi bahan ajar kegiatan belajar mengajar di sekolah dasar. Penelitian ini termasuk penelitian pengembangan dengan model 4D. Teknik pengumpulan data menggunakan tes dan non tes meliputi observasi, wawancara, validasi ahli, penilaian guru dan angket respon peserta didik. Persamaan penelitian ini adalah termasuk penelitian pengembangan, mengembangkan LKPD dan mengangkat topik HOTS. Perbedaan penelitian terletak pada model penelitian pengembangan, materi yang digunakan, waktu, tempat dan sampel yang diteliti.
- 4) Penelitian Ernawati (2016) terkait pengembangan perangkat pembelajaran matematika menyatakan bahwa perangkat pembelajaran dengan kriteria valid, praktis, dan efektif mampu untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi pada siswa. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan model Borg and Gall. Analisis data yang digunakan meliputi, tes, observasi dan angket.

Persamaan penelitian terdapat pada metodologi yang digunakan dimana termasuk penelitian pengembangan, membahas topik HOTS, menggunakan sampel siswa SMA. Perbedaan penelitian terletak pada produk yang dihasilkan, model penelitian pengembangan yang digunakan, mata pelajaran yang dibahas, waktu dan tempat yang diteliti.

C. Kerangka Berpikir

Fisika merupakan sebuah mata pelajaran yang di dalamnya membahas mengenai kejadian yang terjadi di alam. Kejadian yang disajikan berupa kejadian yang nyata atau kurang nyata, menurut objek yang kecil sampai besar. Kejadian abstrak yang terdapat pada fisika memunculkan fenomena bahwa guru harus mampu menampilkan visualisasinya, hal ini menyebabkan kesulitan dalam penyampaian materi seperti dalam materi gelombang bunyi dan cahaya. Fenomena ini mengakibatkan sebagian besar siswa sulit memahaminya.

Keterampilan berpikir tingkat tinggi kerap dibutuhkan dalam pembelajaran fisika, hal ini disebabkan sebagai calon fisikawan peserta didik perlu melatih kemampuan pemecahan masalah dan membandingkan konsep satu dan lainnya hingga memunculkan pemikiran yang baru. Umumnya pembelajaran merupakan sarana

komunikasi guru serta peserta didik. Proses komunikasi yang optimal harus melibatkan peran peserta didik dalam kegiatan belajar mengajar. Kondisi di lapangan proses ini tidak selalu berjalan dengan optimal yang mengakibatkan timbulnya salah pengertian atau konsep. Metode pembelajaran alternatif bagi peserta didik membutuhkan komunikasi dan alat bantu pembelajaran yang efisien, hal ini bertujuan agar konsep yang disajikan mampu dipahami dengan optimal.

Alat bantu pada kegiatan belajar dan mengajar yang mampu diterapkan pada kegiatan belajar mengajar yakni media visual. Kendala visualisasi yang ditimbulkan pada media pembelajaran dengan komputer yang hanya fokus pada media dua dimensi, meskipun media dengan bantuan komputer tiga dimensi telah berjalan. Kekurangan yang terdapat pada media dua dimensi lebih banyak dibanding dengan media tiga dimensi. Fenomena ini menimbulkan materi gelombang bunyi dan cahaya sulit divisualisasikan.

Media visualisasi yang memakai tiga dimensi mampu disusun menerapkan teknologi *augmented reality* (AR) yang kerap diterapkan dalam aspek pendidikan. *Augmented reality* yang telah diterapkan memungkinkan peningkatan pada hasil keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa serta mampu diterima oleh siswa. *Augmented*

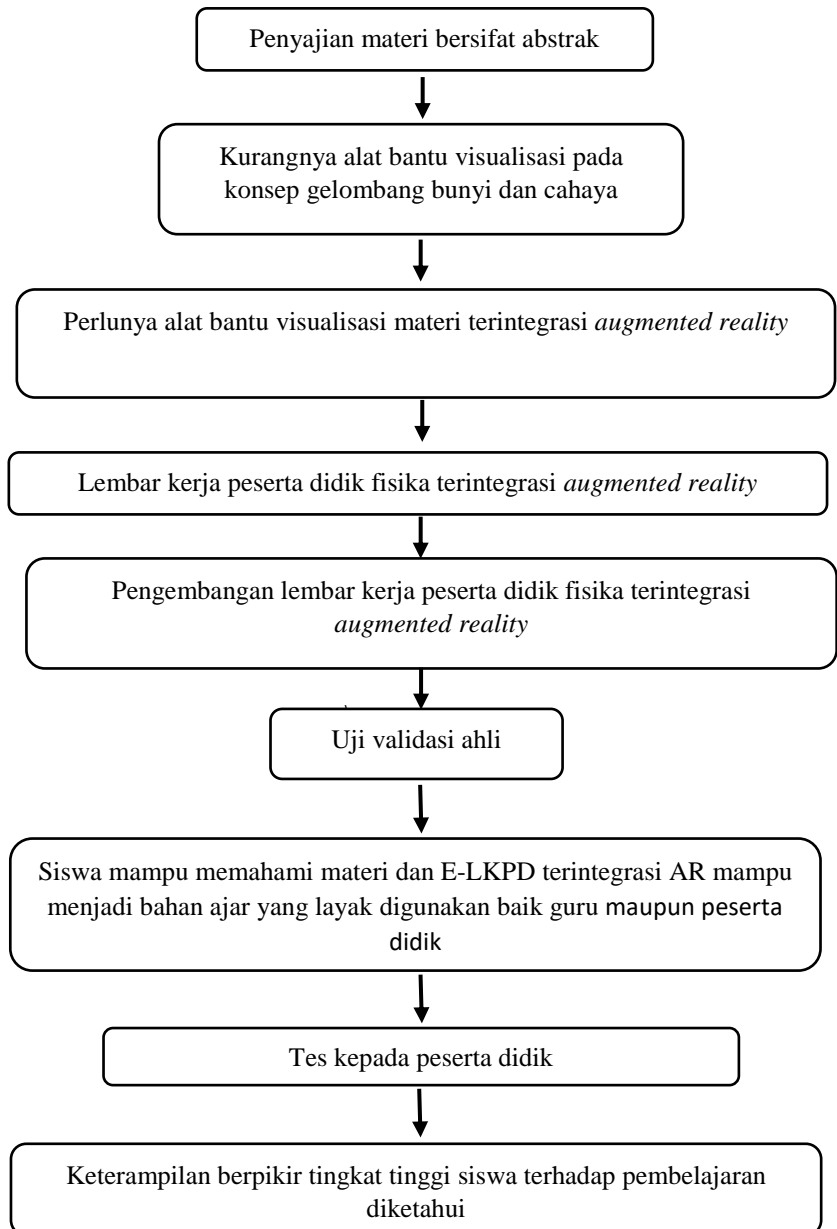
reality wajib diberikan peningkatan menjadi alat bantu pembelajaran yang mampu menunjang pemahaman siswa mengenai materi gelombang bunyi dan cahaya. Gambar 2.11 mampu menjelaskan kerangka berpikir yang telah disampaikan.

D. Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan dalam pengembangan ini yakni :

1. Apakah pengembangan LKPD terintegrasi *augmented reality* mampu menjadi bahan ajar visualisasi yang cocok diterapkan ?
2. Bagaimana pengaruh pengembangan LKPD fisika terintegrasi *augmented reality* terhadap keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik kelas 11 SMA/MA

Gambar 2.11 Diagram Kerangka berpikir



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Model Pengembangan

Penelitian pengembangan merupakan sebuah metode penelitian yang diterapkan guna menghasilkan sebuah produk tertentu serta menguji keefektifan produk tersebut (Soegiyono, 2013).

Penggunaan penelitian pengembangan memungkinkan peneliti melakukan upaya untuk menyajikan dan menampilkan sebuah produk yang efisien diterapkan pada kegiatan belajar mengajar. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menciptakan produk bahan ajar berupa LKPD yang bersifat keperluan, yakni keperluan para peserta didik SMA/MA pada perkembangan teknologi masa kini.

Penelitian ini menerapkan model pengembangan yang berasal dari Dick dan Carry yakni model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*). Model ADDIE menggunakan 5 proses pengembangan yaitu :

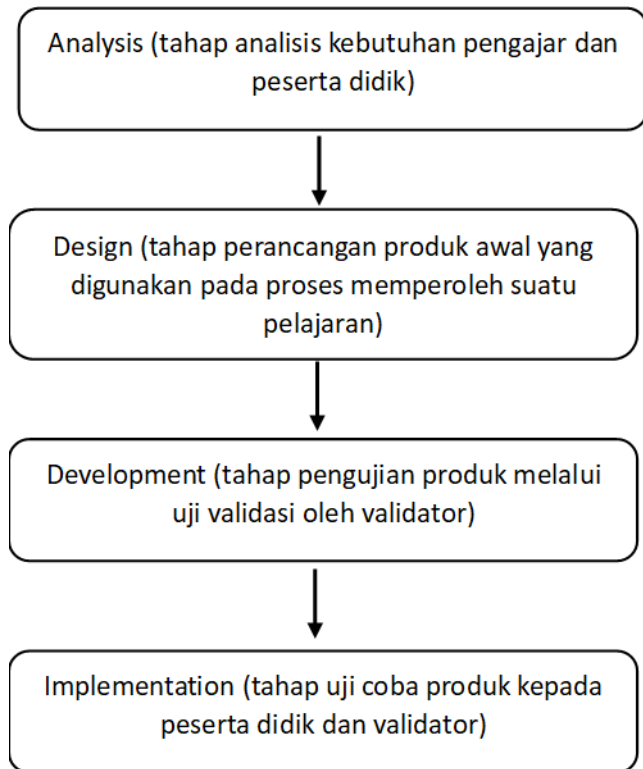
1. *Analysis*, yakni melaksanakan analisis keperluan. Menentukan masalah maupun produk yang sering dibutuhkan dengan tujuan dan pemikiran

mengenai produksi yang akan dirancang sebanding kebutuhan.

2. *Design*, adalah proses pembentukan konsep serta ide dalam sebuah produk yang akan dipakai pada saat mengembangkan produk tersebut.
3. *Development*, pengembangan yaitu tahapan realisasi desain menjadi nyata.
4. *Implementation*, merupakan pengujian suatu produk sebagai upaya dalam implementasi produk yang tengah dikembangkan.
5. *Evaluation*, adalah tahapan dalam mengenali sebuah produk yang diujikan sukses maupun tidak.

B. Prosedur Pengembangan

Model pengembangan penelitian ini yaitu Dick *and* Carry oleh ADDIE yaitu model pengembangan yang berisi lima tahapan : analisis, desain, pengembangan, implementasi, serta evaluasi. Tahap implementasi merupakan batas pada penelitian ini. Peneliti mengubah model pengembangan sesuai dengan keperluan. Prosedur penelitian “Pengembangan E-LKPD terintegrasi *augmented reality* pada materi gelombang bunyi dan cahaya untuk mengetahui kemampuan hots siswa kelas xi sma/ma” dilakukan oleh peneliti disajikan Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram tahap pengembangan

1. Analisis (*Analysis*)

Tahap analisis adalah fase dimana informasi dikumpulkan yang mampu dipakai untuk bahan pengembangan produk. Produk yang dikembangkan dalam hal ini merupakan bahan ajar dalam bentuk E-LKPD terintegrasi *augmented reality*. Informasi ini dikumpulkan dalam bentuk analisis kebutuhan serta analisis materi pembelajaran.

a. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan mempunyai tujuan yaitu melakukan pemahaman produk yang mempunyai persamaan dengan sasaran yang dituju.

b. Analisis Materi Pembelajaran

Analisis materi pembelajaran memiliki tujuan guna menentukan materi yang relevan dengan kurikulum yang digunakan di sekolah serta kebutuhan siswa. Peneliti menemukan permasalahan pada penelitian ini dari observasi dan studi literatur dalam proses kegiatan belajar mengajar pada materi gelombang bunyi dan cahaya, fenomena ini yang mendasari peneliti menetapkan materi gelombang bunyi dan cahaya pada kurikulum 2013 guna dipilih menjadi materi ajar dalam pengembangan sebuah produk.

2. Desain (*Design*)

Tahap desain dilakukan dengan tujuan memperlancar peneliti saat mengembangkan sebuah bahan ajar yang akan diciptakan. Tahapan ini berisi pengumpulan data, bagan alur (*flowchart*), dan sketsa (*storyboard*).

a. Pengumpulan Data

Pengembangan sebuah produk membutuhkan pengumpulan data yang diperlukan pada produk tersebut. Keperluan data meliputi materi yang telah dipahami saat fase analisis serta soal-soal latihan yang relevan dengan materi.

b. Bagan Alur (*flowchart*)

Flowchart adalah diagram yang memuat beraneka ragam simbol yang menampilkan tahap maupun proses sebuah rencana. Langkah kerja dari rencana yang dikembangkan disajikan memakai *flowchart* guna meringankan tahapan pengembangan suatu produk.

c. Sketsa (*storyboard*)

Storyboard merupakan sebuah sketsa gambar yang diatur teratur setara dengan alur cerita, memungkinkan peneliti menampilkan ide cerita serta menguraikan desain perkembangan sumber produk yang dirancang secara lebih leluasa.

3. Pengembangan (*Development*)

Pengembangan adalah proses mewujudkan apa yang telah ditentukan saat proses desain. Produk yang akan diuji merupakan tujuan tahap ini. Tahapan ini

dilaksanakan uji validasi produk guna mengetahui apakah produk yang dikembangkan tergolong layak serta efektif. Verifikasi ini dinamakan verifikasi rasional sebab termasuk dalam evaluasi yang dilandasi pada ide rasional dibanding fakta di lapangan. Verifikasi tahap awal mengikutsertakan ahli materi serta ahli media.

Ahli materi menganalisis serta mengontrol produk yang dirancang menurut tujuannya. Ahli media menganalisis hingga menguji penggunaan kata sesuai dengan keunikan kelompok sasaran, daya tarik produk, tampilan visual, hingga gambaran umum. Validasi akan dilaksanakan kembali jika terdapat saran serta masukan dari para ahli pada saat validasi pertama dilaksanakan, hal ini bertujuan guna melihat layak atau tidaknya suatu E-LKPD terintegrasi *augmented reality*.

4. Implementasi (*Implementation*)

Desain produk yang usai di validasi oleh ahli materi serta ahli media, selanjutnya akan memperoleh hasil yang dapat dilihat terkait kekurangan dari produk yang sedang dikembangkan. Tahap ini dilakukan ketika kriteria layak telah dipenuhi dari uji ahli. Tahap implementasi adalah tahap uji coba pada pengguna peserta didik kelas 11 MIPA 3 SMAN 8

Semarang dalam uji coba kelompok kecil sebanyak 36 orang.

C. Desain Uji Coba Produk

1. Desain Uji Coba

Sebuah produk yang sedang dirancang wajib melalui desain uji coba hingga produk tersebut mampu untuk diujicobakan. Tahap pertama produk E-LKPD terintegrasi AR dalam materi gelombang bunyi dan cahaya yang telah disusun akan dilaksanakan uji validitas oleh 2 dosen ahli media serta 2 dosen ahli materi. Instrumen angket digunakan pada uji validitas ini.

Tahap kedua instrumen akan melalui proses uji coba kelompok kecil pada siswa 11 MIPA 3 SMAN 8 Semarang apabila telah dilakukan revisi. Tujuan uji coba ini guna mengetahui respon peserta didik serta keefektifan E-LKPD terhadap keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik. Keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa mampu diketahui melalui instrumen tes kepada peserta didik kelas 11 MIPA 3 SMAN 8 Semarang. Tes ini dilaksanakan setelah validasi soal pretest serta posttest oleh dosen fisika UIN Walisongo. Peneliti dapat mengumpulkan data untuk dilakukan analisis data setelah melalui tahap tersebut.

2. Subjek Coba

a. Populasi dan Sampel

Penelitian ini menggunakan siswa kelas 11 MIPA yang berasal dari SMAN 8 Semarang. Subjek uji coba dalam penelitian ini yaitu ahli media, ahli materi, serta peserta didik kelas 11 SMAN 8 Semarang. Peneliti memilih sekolah tersebut karena kurikulum 2013 masih diterapkan pada sekolah tersebut serta sebagian besar siswa mempunyai gawai berbasis *android*. Penelitian ini memiliki sampel, yaitu siswa kelas 11 MIPA 3 SMAN 8 Semarang. Pemilihan sampel menerapkan teknik *purposive sampling*. *Purposive sampling* yakni cara memutuskan responden guna dijadikan sampel karena karakteristik khusus (Siregar, 2016). Penggunaan *purposive sampling* membuktikan jika metode ini diterapkan guna menggapai tujuan-tujuan khusus.

b. Variabel Penelitian

Segala rupa yang ditentukan oleh peneliti berwujud apapun guna dipahami hingga mampu mendapatkan apa yang akan diteliti merupakan definisi variabel penelitian (Soegiyono, 2013). Variabel pada penelitian ini yaitu :

1) Variabel bebas

Variabel bebas yakni variabel yang berhubungan maupun menjadi pemicu perubahan bahkan munculnya variabel terikat (dependen) (Soegiyono, 2013). Variabel bebas dalam penelitian ini yakni E-LKPD terintegrasi *augmented reality*.

2) Variabel terikat

Variabel terikat atau dapat disebut variabel dependen yakni variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena terdapat variabel bebas (Soegiyono, 2013). Variabel terikat pada penelitian ini yakni keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik kelas 11 MIPA 3 SMAN 8 Semarang.

3. Teknik dan Instrumen Data

a. Metode wawancara

Wawancara merupakan sebuah dialog antara dua atau lebih orang yang dilaksanakan oleh pewawancara serta narasumber (Raco, 2010). Wawancara pada penelitian ini menerapkan panduan wawancara terstruktur dengan pertanyaan terbuka. Wawancara ini diterapkan ketika survei lapangan dalam penelitian terdahulu guna memperoleh data awal

dari guru mata pelajaran fisika kelas 11 MIPA SMAN 8 Semarang mengenai penggunaan bahan ajar yang mampu membantu guru dalam menyajikan konsep fisika yang memerlukan visualisasi.

b. Metode angket

Angket digunakan dengan tujuan untuk menganalisis kelayakan E-LKPD terintegrasi *augmented reality* guna mengetahui keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik SMA, pada penelitian ini digunakan dua macam angket, yaitu angket penelitian ahli serta angket respon peserta didik.

1) Angket penelitian validator

Angket merupakan sebuah cara pengumpulan data yang menampilkan serta menimpali urutan pertanyaan maupun penjelasan tertulis kepada responden. Angket ini diterapkan ketika uji validitas oleh para ahli. Aspek media serta aspek materi merupakan dua aspek yang dinilai validitasnya. Para ahli dipersilahkan memberikan masukan serta saran, apabila terdapat kekurangan yang perlu diperbaiki dari sebuah indikator.

2) Angket respon siswa

Angket respon siswa digunakan guna melihat respon peserta didik terhadap penerapan E-LKPD terintegrasi *augmented reality* yang dirancang, apabila diterapkan pada proses belajar yang dimaksudkan untuk mengetahui pada keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa.

c. Metode tes

Tes yaitu suatu instrumen maupun prosedur yang diterapkan dengan tujuan melihat maupun menakar sesuatu yang telah ditentukan sesuai kesepakatan (Arikunto, 2012). Penelitian ini menggunakan test dengan bentuk pilihan ganda. Soal ini diberikan sebagai salah satu syarat yang mampu menampilkan keterampilan berpikir tingkat tinggi peserta didik terhadap E-LKPD yang dirancang.

4. Teknik Analisis Data

Penelitian ini mengambil data kualitatif serta kuantitatif. Data kuantitatif merupakan sebuah data yang berbentuk angka maupun nominal, sedangkan data kualitatif adalah data yang ditampilkan melalui kalimat ataupun ikon (Soegiyono, 2013).

a. Analisis Data Kualitatif

Analisis data kualitatif merupakan tahapan guna memperoleh serta mengubah data secara sistematis yang berasal dari wawancara, catatan lapangan, serta referensi lain guna melancarkan pemahaman. Data kualitatif dianalisis dengan tujuan menghasilkan arti dengan memahami, memunculkan ide, serta mengemukakan hipotesis atau teori baru. Penelitian ini memperoleh data kualitatif berbentuk catatan lapangan penelitian ketika observasi lapangan terkait E-LKPD terintegrasi *augmented reality* serta berupa saran pada saat wawancara dengan guru fisika.

b. Analisis Data Kuantitatif

Analisis data kuantitatif dihasilkan lewat angket validator ahli media, ahli materi, respon peserta didik, hasil pre-test serta post-test peserta didik. Data kuantitatif diuraikan seperti berikut :

1) Analisis Data Hasil Angket Penilaian Ahli

Data berbentuk penilaian dengan 5 kriteria penilaian setiap indikator yang dilaksanakan oleh para validator dalam lembar validasi E-LKPD. Penilaian validator

menerapkan skala likert 1-5 ditampilkan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Skala penilaian E-LKPD 5 kriteria

Kriteria	Skor
Sangat Baik	5
Baik	4
Sedang	3
Kurang	2
Sangat Kurang	1

Data tersebut selanjutnya dihitung guna memahami kualitas E-LKPD melalui cara sebagai berikut :

- a) Menganalisis rata-rata skor dari setiap indikator yang dinilai menggunakan Rumus 3.1:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \quad (3.1)$$

dengan :

\bar{x} = skor penilaian rata-rata oleh ahli

$\sum X$ = jumlah skor yang diperoleh ahli

N = jumlah pertanyaan

- b) Mengganti rata-rata skor yang dihasilkan menjadi data kualitatif. Kategori kualitatif terlebih dihasilkan terlebih

dahulu dengan menentukan interval. Jarak antar jenjang kategori sangat layak (SL) sampai sangat kurang (SK) menerapkan Persamaan 3.2 berikut :

Jarak interval (i) =

$$\frac{\text{skor tertinggi} - \text{skor terendah}}{\text{jumlah kelas interval}} = \frac{5-1}{5} = 0,8$$

(3.2)

Sehingga dihasilkan kategori penilaian E-LKPD terintegrasi *augmented reality* sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 3.2 (Arikunto, 2012) :

Tabel 3.2 kriteria penilaian E-LKPD

Skor rata-rata (\bar{x})	Kategori
$4,20 < \bar{x} \leq 5,00$	Sangat Layak
$3,40 < \bar{x} \leq 4,20$	Layak
$2,60 < \bar{x} \leq 3,40$	Sedang
$1,80 < \bar{x} \leq 2,60$	Kurang Layak
$1,00 < \bar{x} \leq 1,80$	Tidak Layak

2) Analisis Data Hasil Angket Respon

Tujuan penggunaan angket atau kuesioner peserta didik adalah mengetahui tanggapan serta respon mereka serta sebagai landasan guna mengerti pengembangan E-LKPD. Angket ini berisi 5 pilihan dengan

menerapkan skala *likert* yang memiliki kategori penilaian pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Skala Penilaian Angket Respon

Kategori	Skor
Sangat Setuju (SS)	5
Setuju (S)	4
Kurang Setuju (KS)	3
Tidak Setuju (TS)	2
Sangat Tidak Setuju (STS)	1

Adapun tahap-tahap guna memperoleh hasil analisis angket respon peserta didik yakni :

- a) Menganalisis rata-rata skor dari setiap aspek yang dinilai lewat Rumus 3.4 berikut :

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{N} \quad (3.4)$$

dengan :

\bar{x} = skor rata-rata penilaian oleh ahli

$\sum X$ = Jumlah skor yang diperoleh ahli

N = Jumlah pertanyaan

- b) Mengganti rata-rata skor yang dihasilkan menjadi data kualitatif. Kriteria kualitatif ditetapkan terlebih dahulu dengan mencari interval. Jarak antar jenjang kategori sangat setuju (SS) hingga sangat tidak setuju (STS) menerapkan Persamaan 3.5 berikut :

Jarak interval (i) =

$$\frac{\text{skor tertinggi-skor terendah}}{\text{jumlah kelas interval}} = \frac{5-1}{5} = 0,8$$

(3.5)

Kemudian dihasilkan kategori penilaian respon peserta didik terhadap E-LKPD terintegrasi *augmented reality* seperti dipaparkan dalam Tabel 3.5 (Arikunto, 2012) :

Tabel 3.4 kategori penilaian respon

Skor rata-rata (\bar{x})	Kategori
$4,20 < \bar{x} \leq 5,00$	Sangat Baik
$3,40 < \bar{x} \leq 4,20$	Baik
$2,60 < \bar{x} \leq 3,40$	Sedang
$1,80 < \bar{x} \leq 2,60$	Kurang
$1,00 < \bar{x} \leq 1,80$	Sangat Kurang

3) Analisis Data Hasil Tes

Data berbentuk nilai pretest serta posttest siswa dipakai guna melihat

keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa saat memakai E-LKPD terintegrasi *augmented reality*. Data dianalisis menerapkan tahap-tahap sebagai berikut :

a) Validitas

Validitas merupakan sebuah takaran yang menampilkan tingkat kevalidan sebuah instrumen. Sebuah alat pengumpul data disebut valid jika dapat menakar apa yang telah ditentukan serta dapat menghasilkan data dari variabel yang diteliti secara relevan (Arikunto, 2012). Rumus korelasi point biserial diterapkan guna menguji validitas instrumen pada soal pilihan ganda. Adapun rumusnya sebagai berikut :

$$r_{pbi} = \frac{M_p - M_t}{S_t} \sqrt{\frac{p}{q}} \quad (3.7)$$

dengan :

r_{pbi} = koefisien korelasi biserial

M_p = rerata skor dari subjek yang menjawab benar bagi item yang dicari

M_t = rerata skor total semua responden

S_t = standar deviasi dari skor total semua responden

- p = proporsi subjek menjawab benar
 q = proporsi subjek menjawab salah

Nilai r_{pbi} yang diperoleh pada analisis dibandingkan dengan r_{tabel} . Soal disebut valid apabila $r_{pbi} > r_{tabel}$.

b) Reliabilitas

Instrumen atau alat pengumpul data disebut reliabel jika instrumen tes tersebut memiliki taraf kepercayaan yang besar. Kondisi dimana sebuah tes mampu memberikan hasil yang konstan, tes itu mampu dipercaya. Hal tersebut berdampak pada konsep reliabilitas tes yang berhubungan pada masalah yang memutuskan hasil tes (Arikunto, 2012). Rumus KR-20 digunakan guna mengukur tingkat reliabilitas suatu instrumen. Adapun rumusnya adalah :

$$KR - 20 = \frac{k}{(k-1)} \left\{ \frac{S_t - \sum p_i q_i}{S_t^2} \right\} \quad (3.8)$$

dengan :

KR-20 = reliabilitas instrumen

k = banyaknya butir soal

p_i = proporsi subjek (peserta tes) yang menjawab benar

q_i = proporsi subjek (peserta tes) yang menjawab benar ($1-p_i$)

S_t^2 = varian total

Instrumen soal dapat digunakan apabila kategori realibilitasnya tinggi. Kriteria penafsiran indeks reliabilitasnya dalam Tabel 3.6 berikut :

Tabel 3.6 reliabilitas instrumen

Cronchbach Alpha (<i>KR-20</i>)	Kategori
$0,80 < \bar{x} \leq 1,00$	Sangat Tinggi
$0,60 < \bar{x} \leq 0,80$	Tinggi
$0,40 < \bar{x} \leq 0,60$	Sedang
$0,20 < \bar{x} \leq 0,40$	Rendah
$0,00 < \bar{x} \leq 0,20$	Sangat Rendah

\bar{x} = hasil perhitungan reliabilitas instrumen

c) Taraf Kesukaran

Sebuah soal diuji tingkat kesukarannya dengan tujuan mengetahui

bobot soal yang relevan dengan kriteria perangkat soal yang diharuskan dalam pengukuran tingkat kesukaran. Tingkat kesulitan butir soal dicari melalui persamaan 3.9 berikut : (Arikunto, 2012)

$$P = \frac{B}{JS} \quad (3.9)$$

dengan :

P = taraf kesukaran

B = banyak siswa yang menjawab benar

JS = jumlah peserta tes

Klasifikasi tingkat kesukaran soal dapat menerapkan Tabel 3.7 kriteria berikut :

Tabel 3.7 kategori kesukaran

Interval P	Kategori
$0,00 < P \leq 0,30$	Sukar
$0,30 < P \leq 0,70$	Sedang
$0,70 < P \leq 0,10$	Mudah

d) Daya Pembeda

Uji ini memiliki tujuan guna melihat kemampuan peserta didik dalam membedakan peserta didik yang memiliki kemampuan tinggi hingga rendah dengan

soal-soal. Daya pembeda butir soal diperoleh menggunakan persamaan : (Arikunto, 2012)

$$D = PA - PB \text{ dimana } PA = \frac{BA}{JA} \text{ dan } PB = \frac{BB}{JB} \quad (3.10)$$

dengan :

D = daya pembeda

BA = banyaknya peserta kelompok atas menjawab benar

BB = banyaknya peserta kelompok bawah menjawab benar

JA = banyaknya peserta kelompok atas

JB = banyaknya peserta kelompok bawah

PA = proporsi peserta kelompok atas yang menjawab benar

PB = proporsi peserta kelompok bawah yang menjawab benar

Adapun kriteria yang dapat digunakan sebagai berikut :

Tabel 3.8 kriteria daya beda

Interval D	Kategori
$0,00 < D \leq 0,20$	Jelek
$0,20 < D \leq 0,40$	Cukup
$0,40 < D \leq 0,70$	Baik
$0,70 < D \leq 1,00$	Baik Sekali

Soal dapat digunakan apabila daya beda yang dimiliki pada kategori cukup.

4) Analisis Kemampuan Berpikir

Analisis data yang diterapkan guna mengetahui kemampuan berpikir tingkat tinggi peserta didik pada materi gelombang bunyi dan cahaya yakni analisis deskriptif. Kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa mampu diketahui dengan langkah-langkah berikut :

a) Menentukan soal yang berkriteria HOTS berdasarkan indikator HOTS mengacu pada taksonomi bloom. Indikator HOTS yang diterapkan yakni menganalisis (C4), mengevaluasi (C5), serta mencipta (C6).

b) Menentukan daya serap HOTS melalui penyelesaian soal test materi gelombang bunyi dan cahaya menggunakan Rumus 3.11 berikut :

$$DS = \frac{\Sigma_0}{\Sigma_1} \quad (3.11)$$

dengan :

DS = Daya Serap (%)

Σ_0 = Jumlah nilai seluruh siswa

Σ_1 = Jumlah siswa \times jumlah skor ideal

c) Menentukan daya serap HOTS siswa dalam menyelesaikan soal tes materi gelombang bunyi dan cahaya, menggunakan Tabel 3.9

Tabel 3.9 Kategori Daya Serap

Interval daya serap	Kriteria Daya Serap
$85\% < DS \leq 100\%$	Sangat Tinggi
$75\% < DS \leq 85\%$	Tinggi
$60\% < DS \leq 75\%$	Sedang
$40\% < DS \leq 60\%$	Rendah
$0\% < DS \leq 40\%$	Sangat Rendah

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengembangan Produk Awal

Penelitian ini memunculkan sebuah produk bahan ajar terintegrasi *augmented reality* pada lingkup materi gelombang bunyi dan cahaya guna mengetahui kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas 11 SMA/MA. Bahan ajar ini berbentuk E-LKPD yang di dalamnya terdapat sebuah *qr code* dengan tujuan memunculkan sebuah objek tiga dimensi. E-LKPD ini dikembangkan sesuai dengan kurikulum 2013 guna mengetahui kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa. Wujud kemampuan berpikir tingkat tinggi diwujudkan dengan pertanyaan-pertanyaan yang mengkonstruksi peserta didik memecahkan persoalan.

Penelitian ini mengembangkan suatu bahan ajar terintegrasi *augmented reality* yang meliputi tiga komponen, yaitu bagian pendahuluan, isi serta penutup. Secara garis besar, deskripsi komponen dasar E-LKPD terintegrasi *augmented reality* yaitu :

1. Sampul E-LKPD

Sampul E-LKPD tercantum lambang UIN Walisongo Semarang, judul E-LKPD, serta nama pengarang.

2. Deskripsi Singkat Materi

Deskripsi singkat materi berisi ulasan singkat sebagai pengantar awal materi pada siswa.

3. Petunjuk Penggunaan E-LKPD

Komponen petunjuk penggunaan E-LKPD memuat panduan penggunaan E-LKPD yang disusun secara ringkas sehingga siswa cepat memahami.

4. Materi Pembelajaran

Materi pembelajaran berisi penjelasan materi tentang gelombang bunyi dan cahaya yang akan di pelajari oleh siswa.

5. Contoh soal

Contoh soal serta jawaban berperan sebagai pendorong peserta didik dalam berpikir pada materi yang akan di pelajari.

6. *QR Code*

QR code merupakan sebuah gambar yang dapat memunculkan objek tiga dimensi dengan cara menscan.

7. Latihan Soal

Latihan soal memuat pertanyaan yang berfungsi untuk mengulas hingga

mengevaluasi pemahaman siswa pada materi yang telah dipelajari.

B. Hasil Uji Coba Produk

Produk pada suatu penelitian layak diterapkan atau tidak, dapat ditentukan dengan cara uji coba produk. Uji coba produk dilalui dengan maksud mengetahui seberapa dalam ketepatan sasaran serta tujuan yang mampu dicapai oleh produk yang dirancang. Produk di uji coba yakni sebagai berikut:

1. Hasil Uji Kelayakan Produk

a. Materi

Uji ahli materi memiliki tujuan, yaitu memberikan evaluasi tentang tingkat validitas materi yang disajikan dalam E-LKPD yang dirancang. Penilaian materi dilakukan validator dalam E-LKPD yang dikembangkan menggunakan lembar penilaian instrumen E-LKPD yang memuat tiga aspek, yakni kelayakan isi, kelayakan penyajian, dan kelayakan bahasa sesuai dengan Lampiran 2. Perolehan data ahli materi dari E-LKPD terintegrasi *augmented reality* materi gelombang bunyi dan cahaya disajikan pada Lampiran 3.

Tabel 4.1 Nilai validasi ahli materi

Validator	Perolehan (%)	Kategori
I	86,6	Sangat Layak
II	73,2	Layak
Rata-rata total	79,9	Layak

Uji ahli materi memperoleh rata-rata persentase sebesar 79,9 % sesuai tabel 4.1, hasil tersebut termasuk kategori layak atau mampu digunakan dengan sedikit revisi.

b. Media

Uji pada ahli media dilalui selaku pengevaluasi produk yang dirancang serta untuk mengevaluasi serta memperbaiki produk yang dirancang. Produk yang digunakan adalah E-LKPD terintegrasi *augmented reality* guna mengetahui kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa.

Penilaian dilakukan validator pada produk yang sedang dirancang memakai lembar instrumen penilaian E-LKPD yang memuat tiga aspek, yakni, rekayasa perangkat lunak, *augmented reality* serta desain seperti ditampilkan Lampiran 2. Data perolehan validasi ahli media dari E-LKPD

terintegrasi *augmented reality* materi gelombang bunyi dan cahaya ditunjukkan pada Lampiran 3.

Tabel 4.2 Nilai validasi ahli media

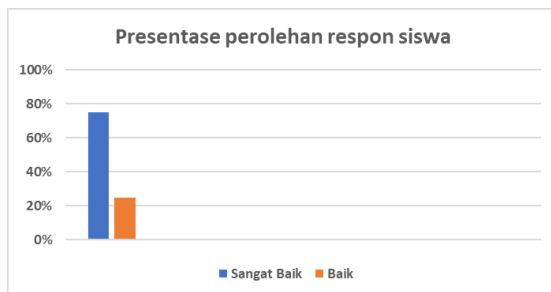
Validator	Perolehan (%)	Kategori
I	85,2	Sangat Layak
II	72	Layak
Rata-rata total	78,6	Layak

Tabel 4.2 menunjukkan data perolehan hasil penilaian yang menampilkan bahwa E-LKPD terintegrasi *augmented reality* menghasilkan rata-rata persentase sebesar 78,6%, berdasarkan hal tersebut maka masuk pada kategori layak mampu diterapkan namun perlu sedikit revisi.

2. Hasil Uji Respon Siswa

Uji lapangan dilakukan usai memperoleh masukan validator serta melakukan perbaikan pada beberapa komponen dari E-LKPD. Uji angket respon dilaksanakan untuk memperoleh informasi mengenai respon siswa kelas 11 MIPA 3 terhadap pengembangan E-LKPD terintegrasi *augmented reality* sebagai bahan ajar yang mampu menunjang keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa. Grafik

persentase hasil uji respon siswa kelas 11 MIPA 3 ditunjukkan gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik persentase hasil respon peserta didik

Uji respon peserta didik yang diperoleh dari tiga puluh enam siswa kelas 11 MIPA 3 ditampilkan Gambar 4.13 merupakan dasar diperolehnya hasil data yang menampilkan E-LKPD terintegrasi *augmented reality* cukup baik diterapkan sebagai bahan ajar hal tersebut dilandasi oleh lebih dari 50% peserta didik memberikan respon cukup baik pada E-LKPD terintegrasi *augmented reality*. Perolehan analisis respon peserta didik pada E-LKPD terintegrasi *augmented reality* dapat ditampilkan dalam Lampiran 4.

3. Hasil Uji Instrumen Tes

Instrumen tes yang selesai dirancang akan melalui proses validator guna mengetahui kelayakan penyajian butir soal. Instrumen tes yang telah melalui

validasi oleh validator serta perbaikan, selanjutnya akan diujikan kepada peserta didik guna mengetahui kemampuan HOTS peserta didik. Hasil uji instrumen tes yang diterapkan pada penelitian ini meliputi:

a. Uji Coba Instrumen Tes HOTS

1. Uji Validitas

Uji validitas diterapkan guna menentukan valid atau tidaknya butir soal yang telah dibuat. Instrumen mampu dianggap valid ketika mampu memperkirakan apa yang dibutuhkan sampai mampu menerangkan data dari variabel yang diteliti secara relevan. Korelasi point biserial merupakan rumus yang diterapkan guna menguji validitas instrumen pada soal pilihan ganda. Soal dikatakan valid jika perolehan uji validitas menunjukkan $r_{pbi} > r_{tabel}$. Diperoleh 25 soal valid serta 15 soal tidak valid dari 40 soal dengan r_{tabel} yang digunakan sebesar 0,344. Analisis lengkapnya dapat ditunjukkan dalam Lampiran 9.

2. Uji Reliabilitas

Taraf kepercayaan yang tinggi pada suatu instrumen merupakan syarat agar instrumen tersebut mampu dikatakan reliabel. Uji reliabilitas diterapkan guna mengetahui apakah instrumen penelitian yang dipakai untuk saat

pengumpulan data variabel penelitian mampu akurat maupun tidak. Rumus KR-20 merupakan rumus yang diterapkan untuk melihat reliabilitas instrumen soal pilihan ganda. Soal tes dianggap reliabel jika hasil analisis minimal 0,7. Hasil analisis uji reliabilitas mampu ditunjukkan oleh Lampiran 9.

3. Taraf Kesukaran

Uji tingkat kesukaran soal memiliki tujuan yakni mengetahui bobot soal yang sesuai dengan kriteria perangkat soal yang sesuai. Terdapat tiga kriteria pada taraf kesukaran yakni, sukar, sedang, serta mudah. Perolehan tingkat kesukaran dalam soal pretest serta posttest mampu ditunjukkan pada Lampiran 9.

4. Daya Pembeda

Kemampuan siswa dapat dikenali menggunakan daya pembeda, yaitu dengan mengajukan pertanyaan untuk membedakan kemampuan tinggi hingga rendah. Terdapat empat kriteria pada uji daya beda yakni baik sekali, baik, cukup, serta jelek. Perhitungan uji daya pembeda dapat ditunjukkan dalam Lampiran 9 serta hasil uji daya beda dapat ditunjukkan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil uji daya beda soal

Kriteria	Nomor Soal
Jelek	8, 18, 30, 35
Cukup	2, 3, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 31, 34, 36, 39
Baik	1, 5, 16, 17, 20, 24, 26, 40
Baik Sekali	4

Soal mampu digunakan apabila memiliki daya pembeda minimal dengan kategori cukup.

b. Uji Kemampuan HOTS

Kemampuan HOTS diperoleh dari uji instrumen tes HOTS yang diujikan kepada 36 peserta didik dan telah melewati uji validasi instrumen soal.

Hasil perolehan rata-rata persentase kemampuan berpikir tingkat tinggi berdasarkan instrumen tes dalam keseluruhan soal yang mampu terselesaikan oleh siswa kelas XI MIPA 3 SMAN 8 Semarang dapat ditunjukkan Tabel 4.4. Tabel 4.4 Persentase Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa XI MIPA 3 SMAN 8 Semarang

No	Kategori soal	Persentase	Kategori
1	Menganalisis (C4)	57%	Rendah
2	Mengevaluasi (C5)	42%	Rendah
3	Mencipta (C6)	25%	Sangat Rendah
	Rata-rata	41,3%	
	Kategori		Rendah

C. Revisi Produk

Produk melalui proses revisi dengan maksud menghasilkan sebuah produk yang layak serta relevan dengan yang dibutuhkan ketika penelitian. Penelitian ini menghasilkan data kuantitatif berwujud skor serta data kualitatif berbentuk saran serta masukan dari dosen ahli.

Kritik serta masukan dari validator umumnya berupa sebuah masukan membangun yang berguna pada pengembangan produk untuk selanjutnya mampu menjadi lebih optimal. Kritik serta masukan itu, kemudian digunakan untuk memperbaiki serta menyempurnakan produk yang dirancang agar terbentuknya E-LKPD terintegrasi *augmented reality*.

1. Revisi Judul E-LKPD

Tampilan baru judul E-LKPD yang dikembangkan berdasarkan saran dosen ahli sesuai dengan Lampiran 2. Perbaikan yang sesuai dapat ditunjukkan pada Gambar 4.3



Gambar 4.2 Tampilan Sampul Sebelum direvisi



Gambar 4.3 Tampilan Sampul Setelah direvisi

2. Revisi Desain *Background* E-LKPD

Desain *Background* pada E-LKPD yang dikembangkan memiliki tampilan baru seperti masukan dosen sesuai Lampiran 2. Revisi *background* yang sesuai mampu ditampilkan pada Gambar 4.5

DAFTAR ISI

Glosarium	3
Peta Konsep	4
Pendahuluan	5
Materi 1 Gelombang Bunyi	7
Materi 2 Pemantulan, Pembiasan dan Dispersi Cahaya	19
Materi 3 Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi Cahaya	26
Daftar Pustaka	34

Gelombang Bunyi dan Cahaya | 2

Gambar 4.4 Tampilan Background E-LKPD
Sebelum direvisi

DAFTAR ISI

Glosarium	3
Peta Konsep	4
Pendahuluan	5
Materi 1 Gelombang Bunyi	7
Materi 2 Pemantulan, Pembiasan dan Dispersi Cahaya	19
Materi 3 Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi Cahaya	26
Daftar Pustaka	34

Gelombang Bunyi dan Cahaya | 2

Gambar 4.5 Tampilan *Background* Setelah direvisi

3. Revisi Glosarium

Tampilan baru glosarium sesuai masukan dosen ahli sesuai Lampiran 2 dapat ditunjukkan gambar 4.7



Gambar 4.6 Tampilan Glosarium Sebelum Revisi

GLOSARIUM	
Gelombang	: getaran yang merambat dari suatu tempat ke tempat lain dan membawa energi
Cahaya	: rambatan dari medan listrik yang bergetar dan medan magnet yang saling tegak lurus.
Bunyi	: adalah energi yang muncul berupa getaran di udara yang berasal dari berbagai benda atau hal yang memiliki getaran frekuensi
Gelombang mekanik	: gelombang yang membutuhkan medium dalam perambatannya
Gelombang elektromagnetik	: gelombang yang tidak membutuhkan medium untuk merambat.
Gelombang Transversal	: gelombang yang mempunyai arah rambatnya tegak lurus terhadap arah getarannya
Gelombang longitudinal	: gelombang yang arah getarnya sejajar dengan arah rambatannya.
Frekuensi	: Banyaknya getaran dalam tiap detik.
Intensitas	: Energi bunyi yang tiap detik (daya bunyi) yang menembus bidang setiap satuan luas permukaan secara tegak lurus
Taraf intensitas	: logaritma perbandingan antara intensitas bunyi dengan intensitasambang acuan
Efek Doppler	: perubahan nilai atau turutnya frekuensi gelombang bunyi yang terdengar penerima bunyi ketika sumber bunyi bergerak mendekat atau menjauh
Refraksi	: perubahan arah rambat cahaya ketika berpindah dari satu medium ke medium lain karena kerapatan optiknya berbeda
Dispersi	: peristiwa penguraian cahaya polikromatik menjadi cahaya monokromatik melalui pembiasan atau pembelatan
Difraksi	: pembelokan cahaya ketika melewati celah sempit
Kisi	: sebaris celah sempit yang saling berdekatan dalam jumlah banyak.
Interferensi	: perpaduan dua gelombang atau lebih menjadi satu gelombang baru ketika memiliki beda fase yang sama
Polarisasi	: peristiwa tersampinya sebagian atau seluruh arah getar gelombang.
Penjang Gelombang	: jarak selang satuan berdirang dari sebuah pada gelombang
Refleksi	: memantulkan arah cahaya karena mengenai sebuah permukaan benda

Gelombang Bunyi dan Cahaya | 3

Gambar 4.7 Tampilan Glosarium Sesudah Revisi

4. Revisi Tujuan Pembelajaran

Tampilan awal tujuan pembelajaran berupa uraian kalimat seperti Gambar 4.8, selanjutnya hasil perbaikan dapat ditunjukkan pada Gambar 4.9 dengan mengubah menjadi per poin.

MATERI 1

GELOMBANG BUNYI

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi pertama ini, kalian diharapkan mampu menerapkan konsep dan prinsip gelombang bunyi meliputi cepat rambat bunyi, bunyi pada dawai, pipa organa, intensitas, dan efek doppler. Kalian juga diharapkan mempunyai kemampuan untuk mempresentasikan penerapan gelombang bunyi dalam kehidupan sehari-hari dalam bentuk laporan imiah.

Gambar 4.8 Tampilan Awal Tujuan Pembelajaran



Gambar 4.9 Tampilan Akhir Tujuan Pembelajaran

5. Revisi Objek Tiga Dimensi

Tampilan awal objek tiga dimensi terdapat kesalahan pada penampilan objek seperti ditunjukkan Gambar 4.10 kemudian dilakukan perbaikan objek tiga dimensi seperti ditampilkan Gambar 4.11



Gambar 4.10 Tampilan Awal Objek Tiga Dimensi



Gambar 4.11 Tampilan Objek Tiga Dimensi Setelah Perbaikan

6. Revisi Persamaan Rumus pada Materi

Kekurangan penulisan rumus ditunjukkan pada Gambar 4.12 kemudian dilakukan perbaikan sesuai saran dosen ahli seperti gambar 4.13.

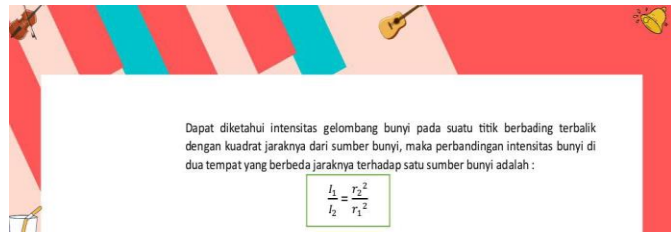
a. Intensitas Bunyi
Intensitas memiliki adalah besaran untuk mengukur kenyaringan bunyi. Intensitas bunyi yaitu energi bunyi yang tiap detik (daya bunyi) menembus bidang setiap satuan luas permukaan secara tegak lurus.
Persamaan intensitas bunyi di suatu titik oleh beberapa sumber bunyi

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Keterangan :
I : Intensitas bunyi (W/m²)
P : Energi tiap waktu atau daya (W)
A : Luas (m²)
Dapat diketahui intensitas gelombang bunyi pada suatu titik berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya dari sumber bunyi, maka perbandingan intensitas bunyi di dua tempat yang berbeda jaraknya terhadap satu sumber bunyi adalah :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Gambar 4.12 Tampilan Kekurangan Rumus Sebelum Revisi



Gambar 4.13 Tampilan Rumus Setelah Dilakukan Revisi

D. Kajian Produk Akhir

Penelitian yang dilaksanakan merupakan Penelitian Pengembangan (Research and Development) yang mempunyai maksud guna memperoleh informasi mengenai valid tidaknya E-LKPD terintegrasi *augmented reality* yang dirancang, serta sebagai usaha agar memperoleh pengetahuan tentang tingkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa kelas 11 MIPA 3 terhadap E-LKPD yang dirancang.

Penelitian pengembangan yang dilaksanakan menghasilkan produk yaitu suatu bahan ajar berupa E-LKPD terintegrasi *augmented reality* yang mampu diakses dimanapun serta kapanpun melalui bantuan ponsel android dengan maksud memberikan informasi terkait berpikir tingkat tinggi siswa kelas 11 pada materi gelombang bunyi dan cahaya. E-LKPD yang dikembangkan memuat tujuan pembelajaran, materi, serta qr code untuk memunculkan objek tiga dimensi dispersi

atau penguraian cahaya. E-LKPD yang dirancang terintegrasi augmented reality untuk memudahkan peserta didik memahami materi gelombang bunyi dan cahaya serta mampu dengan tiga dimensi dan lebih realistis dibanding sekadar lewat gambar dua dimensi. E-LKPD yang dirancang ditunjang dengan contoh serta latihan soal yang dimaksudkan menstimulus peserta didik agar mampu mengingat kembali materi yang telah dipelajari agar dapat diterapkan pada wujud soal, baik soal yang pemecahannya melalui metode analisis rumus maupun soal sebab akibat, yang secara tidak langsung memungkinkan peserta didik menalar serta mendapat suatu pemecahan masalah melalui berpikir tingkat tinggi.

E-LKPD terintegrasi augmented reality adalah produk bahan ajar hasil dari pengembangan permasalahan yang ada. Studi awal dilaksanakan peneliti untuk mengetahui permasalahan yang ada untuk kemudian menyusun suatu solusi. Hasil studi awal didapatkan bahwa bahan ajar di SMAN 8 Semarang yang berbantuan LKPD masih menggunakan kertas buram yang kurang secara visualisasi, sehingga dibutuhkan adanya pengembangan bahan ajar yang relevan guna menunjang kegiatan belajar mengajar.

Dua dosen ahli media dan materi yang melakukan uji validasi menyatakan bahwa proses perancangan E-

LKPD terintegrasi augmented reality bahwa produk yang dirancang layak diterapkan sebagai bahan ajar sesuai yang tertera pada Lampiran 3. Masukan yang diberikan dosen ahli lebih banyak mengenai kelengkapan isi E-LKPD dan objek tiga dimensi augmented reality, sehingga perlu beberapa kali tahap revisi. Dosen ahli media memberikan masukan agar tampilan objek tiga dimensi pada augmented reality dapat diperbaiki sesuai konsep yang tepat, sehingga tidak terdapat kesalahan informasi. Dosen ahli materi menekankan penambahan dan perbaikan isi E-LKPD agar informasi yang diberikan kepada siswa sesuai dan lengkap. Tujuan perbaikan isi pada E-LKPD terintegrasi augmented reality agar produk yang dikembangkan mampu dijadikan bahan ajar.

Siswa harus mengikuti perkembangan teknologi dan informasi, sehingga pengetahuan pemikiran serta wawasan menjadi lebih dalam karena keunikan teknologi yang melewati batas. Tersedianya teknologi memungkinkan diketahuinya kemampuan berpikir tingkat tinggi, ini disebabkan karena siswa mampu mengembangkan kemampuannya serta memecahkan permasalahan tanpa kehadiran guru (Ismail et al., 2016).

Responden menghasilkan tanggapan pernyataan setuju mengenai penggunaan E-LKPD terintegrasi augmented reality guna menunjang proses kegiatan

belajar mengajar. Terdapat 30 siswa yang menyatakan jika penerapan E-LKPD terintegrasi augmented reality pada kegiatan belajar mengajar cukup baik, sesuai pada Lampiran 4. Respon ini didasari oleh akses yang fleksibel, tampilan menarik serta materi yang dijelaskan cukup lengkap. Respon tersebut timbul karena siswa merasa sumber belajar yang digunakan tepat ketika proses kegiatan belajar berlangsung sehingga mampu menarik perhatian siswa untuk mendalami materi secara mandiri (Handayani & Rahayu, 2020).

Test adalah instrumen yang digunakan untuk menunjukkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa. Sebanyak 25 soal pilihan ganda digunakan siswa kelas 11 MIPA 3 SMAN 8 Semarang. Langkah awal dalam mengetahui kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa pada E-LKPD terintegrasi augmented reality dengan melakukan uji validitas, tingkat kesukaran, reliabilitas, daya pembeda dan taraf kesukaran dalam soal posttest dapat ditunjukkan oleh Lampiran 9.

Instrumen tes yang digunakan dalam penelitian adalah soal pilihan ganda sebanyak 25 butir dengan rincian soal kategori C4 sebanyak 12 butir yang terdapat pada nomor 4, 5, 6, 8, 9, 14, 16, 18, 21, 22, 23, 24. Soal kategori C5 terdapat 9 butir soal yang terletak pada

nomor 1, 3, 7, 13, 17, 19, 20, 25 serta soal kategori C6 sebanyak 4 butir yang terdapat pada nomor 2, 10, 11, 12.

Hasil keseluruhan kemampuan berpikir tingkat tinggi pada siswa kelas XI MIPA 3 SMAN 8 Semarang berdasarkan Tabel 4.4 berada pada kategori rendah dengan persentase total sebesar 41,3%. Soal kategori C4 serta C5 berada pada kategori rendah dengan persentase 57% dan 42%, sedangkan soal kategori C6 termasuk kategori sangat rendah dengan persentase sebesar 25%.

Soal C4 berdasarkan Tabel 4.3 mampu terselesaikan sebanyak 57%, dengan soal yang paling sulit dikerjakan terdapat pada nomor 23 karena hanya 44% siswa yang mampu mengerjakan dengan benar. Soal nomor 23 sulit dikerjakan disebabkan bentuk soal yang sedikit berbeda dari soal yang tercantum pada E-LKPD. sedangkan soal kategori C4 paling mudah ditemukan pada nomor 4 dengan 80% siswa mampu menyelesaikan dengan benar karena bentuk soal nomor 4 tercantum pada latihan soal E-LKPD.

Soal C5 merujuk pada Tabel 4.3 mampu diselesaikan siswa dengan perolehan hasil sebesar 42%, dengan nomor 1 sebagai soal yang paling mudah dengan persentase siswa dapat menjawab benar yakni 66%. Soal nomor 1 paling mudah dikerjakan karena bentuk soal yang hampir sama dengan soal yang contoh soal yang

termuat pad E-LKPD. Soal paling sulit kategori C5 terdapat pada nomor 17 dengan persentase siswa menjawab benar sebesar 36%. Soal nomor 17 sulit dikerjakan disebabkan kurangnya bentuk soal sejenis yang termuat di E-LKPD.

Soal kategori C6 dalam Tabel 4.3 memiliki persentase terselesaikan sebesar 25%. Soal kategori C6 yang paling sulit diselesaikan siswa terdapat pada nomor 12 dengan persentase sebesar 22%. Siswa sulit mengerjakan soal nomor 12 karena bentuk soal yang berbeda dengan yang ada pada E-LKPD. Soal paling mudah diselesaikan kategori C6 terdapat pada nomor 2 dengan perolehan 30%. Soal nomor 2 paling mudah terselesaikan karena merupakan contoh soal yang terdapat pada E-LKPD.

Hasil keseluruhan persentase kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa sebesar 41,3% dengan kategori rendah. HOTS siswa tergolong rendah disebabkan beberapa faktor. Faktor tersebut dibagi menjadi dua, yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor internal yang dimaksud adalah kurangnya penguasaan konsep secara menyeluruh, kurangnya kemampuan mengidentifikasi masalah pada soal, serta kurang telitinya siswa saat mengerjakan soal (Zakkina Gais, 2018). Faktor eksternal juga berpengaruh pada kemampuan HOTS siswa dimana

guru jarang memberikan soal HOTS kepada siswa, serta minimnya soal HOTS yang beredar pada bahan ajar yang umumnya digunakan (Irawati, 2018).

Teknologi yang diterapkan pada proses belajar mengajar merupakan suatu metode yang dapat memberikan informasi mengenai kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa (Hwang et al., 2011). E-LKPD terintegrasi augmented reality memiliki sambutan yang baik dari siswa sebagai salah satu bahan ajar untuk belajar dan memahami materi secara mandiri. Proses pembelajaran menggunakan E-LKPD membuat siswa lebih tertarik karena fleksibel dalam penggunaannya. Penerapan teknologi pada kegiatan belajar ilmu eksak sangat penting karena materi yang diberikan akan terpengaruhi serta kualitas peningkatan belajar dapat diberikan.

E. Keterbatasan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini masih mempunyai kelemahan dan hambatan. Hal tersebut muncul disebabkan keterbatasan yang peneliti miliki. Keterbatasan pada penelitian ini diharapkan mampu menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya, agar hasil yang diperoleh lebih optimal. Keterbatasan tersebut meliputi :

1. Jumlah responden dan peserta yang mengikuti uji pretest serta posttest hanya 36 peserta didik kelas 11. Berdasarkan hal tersebut, keadaan sesungguhnya masih kurang digambarkan.
2. Pengembangan E-LKPD terbatas pada materi, yaitu pelajaran fisika materi gelombang bunyi dan cahaya kelas 11, materi yang lebih luas dan lengkap diperlukan untuk kedepannya.
3. Tempat penelitian yang digunakan hanya mencakup satu sekolah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian serta pengembangan yang telah dilaksanakan, maka diperoleh kesimpulan yaitu :

1. Kualitas E-LKPD terintegrasi *augmented reality* pada materi gelombang bunyi dan cahaya untuk mengetahui kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa berdasarkan validasi ahli materi meraih persentase 80% dengan kategori layak. Berdasarkan validasi ahli media dihasilkan rata-rata perolehan skor 78,6% atau masuk pada kategori layak.
2. Respon siswa terhadap penerapan E-LKPD terintegrasi *augmented reality* pada materi gelombang bunyi dan cahaya untuk mengetahui kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa masuk pada kategori baik dengan rata-rata hasil skor 79,4%.
3. Hasil pengukuran kemampuan berpikir tingkat tinggi didapatkan hasil bahwa persentase siswa soal C4 mampu terselesaikan adalah 57 % dengan kategori rendah, C5 adalah 42% dengan kategori rendah, C6 sebesar 25% dengan kategori sangat rendah, serta rata-rata perolehan persentase soal terselesaikan adalah 41,3% dengan kategori rendah.

B. Saran

Pengembangan E-LKPD terintegrasi *augmented reality* ini tergolong dasar, hal ini disebabkan objek tiga dimensi yang ditampilkan masih terbatas serta belum ditunjukkan secara rinci. Dibutuhkan pengembangan E-LKPD terintegrasi *augmented reality* dalam materi lainnya, sehingga tidak terbatas pada materi gelombang bunyi dan cahaya. Penggunaan E-LKPD terintegrasi

augmented reality juga perlu diterapkan pada sekolah lain untuk memperoleh tingkat efektivitas yang lebih mendalam. Penambahan objek tiga dimensi, penambahan variasi kegiatan pembelajaran, penerapan bahasa yang lebih komunikatif, dan pembaruan pertanyaan evaluasi yang lebih mampu memberikan peningkatan pada kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa juga dibutuhkan guna penyempurnaan kualitas produk yang dikembangkan, hal ini akan berdampak pada penggunaan E-LKPD tidak hanya pada proses pembelajaran, namun mampu diterapkan sebagai bahan ajar yang memungkinkan stimulasi dan melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Tulus Junanto, R. A. (2016). Implementasi Digital-Age Literacy Dalam Pendidikan Abad 21 Di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains*, 113–120. <https://media.neliti.com/media/publications/173402-ID-none.pdf>
- Andayani Mirda, T., Adlim, A., & Mursal, M. (2018). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis Multiple Intelligences Pada Materi Gerak Harmonik. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 5(2), 95–103. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v5i2.9823>
- Arikunto, S. (2012). *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan* (2nd ed.). Bumi Aksara.
- Atmajaya, D. (2017). Implementasi Augmented Reality Untuk Pembelajaran Interaktif. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 9(2), 227–232. <https://doi.org/10.33096/ilkom.v9i2.143.227-232>
- Bahtiar, E. T. (2015). *Penulisan Bahan Ajar*. October. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1441.6083>
- Coimbra, M. T., Cardoso, T., & Mateus, A. (2015). Augmented Reality: An Enhancer for Higher Education Students in Math's Learning? *Procedia Computer Science*, 67(Dsai), 332–339. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.277>

- Ermi, N. (2017). Penggunaan Media Lembar Kerja Siswa (Lks) Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Sosiologi Siswa Kelas Xi Sman 15 Pekanbaru. *Jurnal Pendidikan*, 8(1), 37–45.
- Farihah, A. N. (2016). Analisis Miskonsepsi Materi Sistem Regulasi pada Siswa Kelas XI SMA Kota Semarang. *Journal of Biology Education*, 5(3), 319–329. <https://doi.org/https://doi.org/10.15294/jbe.v5i3.14866>
- Fidan, M., & Tuncel, M. (2019). Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. *Computers and Education*, 142(September 2018), 103635. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103635>
- Fitriyanti, Hasmiyani, D., Barlian, I., & Waikelak, K. S. (2014). Pelatihan Penyusunan LKS Berbasis Kurikulum 2013 Pada Mata Pelajaran Ekonomi Dan Akuntansi di SMA / SMK Swasta Se-Kecamatan Kemuning Palembang. *Jurnal Profit*, 1(2), 133–140. <https://doi.org/10.36706/jp.v1i2.5604>
- Halliday, Resnick, W. (2010). *Fisika Dasar* (W. Hardani (ed.); 7th ed.). Erlangga.
- Handayani, D., & Rahayu, D. V. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Android Menggunakan Ispring Dan Apk Builder Untuk Pembelajaran Matematika Kelas X Materi Proyeksi Vektor. *M A T H L I N E Jurnal*

- Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 5(1), 12–25.
<https://doi.org/10.31943/mathline.v5i1.126>
- Hidayati, S. M. & sukarni. (2013). Analisis Isi Lembar Kegiatan Siswa (Lks) Biologi Sma. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 1(1), 60–66.
<https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jpms.v1i1.12479>
- Hwang, G. J., Shi, Y. R., & Chu, H. C. (2011). A concept map approach to developing collaborative Mindtools for context-aware ubiquitous learning. *British Journal of Educational Technology*, 42(5), 778–789. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2010.01102.x>
- Ilmawan Mustaqim, N. K. (2017). PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS AUGMENTED REALITY. *Edukasi Elektro*, 1(1), 36–48.
<https://doi.org/10.17977/um034v29i2p97-115>
- Irawati, T. N. (2018). Analisis Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa Smp Dalam Menyelesaikan Soal Pemecahan Masalah Matematika Pada Materi Bilangan Bulat. *Jurnal Gammath*, 3(2), 1–7.
<https://doi.org/https://doi.org/10.32528/gammath.v3i2.1599>
- Ismail, N. S., Harun, J., Md Salleh, S., & Megat Zakaria, M. A. Z. (2016). Supporting Students' Critical Thinking With a Mobile Learning Environment: a Meta-Analysis.

INTED2016 Proceedings, 1(January 2017), 3746–3755.
<https://doi.org/10.21125/inted.2016.1899>

Istiyono, E., Mardapi, D., & Suparno, S. (2014).
PENGEMBANGAN TES KEMAMPUAN BERPIKIR
TINGKAT TINGGI FISIKA (PysTHOTS) PESERTA
DIDIK SMA. *Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan*,
18(1), 1–12. <https://doi.org/10.21831/pep.v18i1.2120>

Jumairi. (2015). Pemanfaatan Bahan Ajar Lembar Kerja Siswa
(LKS) untuk Meningkatkan Efektifitas Pembelajaran Bahasa
Indonesia Kelas IX SMP Negeri 5 Tenggarong. *Jurnal
Cemerlang*, *3*(1), 9–18.

Juniardi, W. (2022). *Pengertian Resonansi Bunyi, Sifat dan
Penyebab Terjadinya*. Quipper Blog.
[https://www.quipper.com/id/blog/mapel/fisika/resonansi-
bunyi/](https://www.quipper.com/id/blog/mapel/fisika/resonansi-bunyi/)

Karsono. (2017). *PENGARUH PENGGUNAAN LKS BERBASIS
HOTS TERHADAP MOTIVASI DAN HASIL BELAJAR IPA
SISWA SMP*. *5*(1), 50–57.
<https://doi.org/10.21831/jpms.v5i1.13540>

Khairunnisa, S., & Aziz, T. A. (2021). Studi Literatur:
Digitalisasi Dunia Pendidikan dengan Menggunakan
Teknologi Augmented Reality pada Pembelajaran
Matematika. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika Jakarta*,

3(2), 53–62. <https://doi.org/10.21009/jrpmj.v3i2.22267>

Krathwol, A. &. (2015). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Always learning*. Pustaka Belajar.

Latifah, S. (2015). Pengembangan Modul IPA Terpadu Terintegrasi Ayat-Ayat Al-Qur'an Pada Materi Air Sebagai Sumber Kehidupan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 4(2), 155–164. <https://doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v4i2.89>

Majid, A. (2013). *Strategi Pembelajaran* (E. Kuswadi (ed.); 1st ed.). Remaja Rosdakarya.

Mauludin, R., Sukamto, A. S., & Muhardi, H. (2017). Penerapan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Sistem Pencernaan pada Manusia dalam Mata Pelajaran Biologi. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 3(2), 117. <https://doi.org/10.26418/jp.v3i2.22676>

Muniarti, A. K., Rondonuwu, F. S., & Sudarmi, M. (2015). Metode pembelajaran kooperatif tipe numbered snowball throwing pada materi gelombang transversal dan gelombang longitudinal. *Jurnal Radiasi*, 06(1), 73.

Musfiqi, an. (2014). Pengembangan Bahan Ajar Matematika yang Berorientasi pada Karakter dan Higher Order Thinking

- Skill (HOTS) Developing Mathematics Instructional Materials Oriented to Character and Higher Order Thinking Skill (Hots). *PYTHAGORAS: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(1), 45–59.
<https://doi.org/10.21831/pg.v9i1.9063>
- Muzayyanah, A. (2021). PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) TEMATIK BERBASIS HOTS (HIGHER ORDER THINKING SKILL) KELAS IV SEKOLAH DASAR. *Jurnal Pijar Mipa*, 16(1), 81.
<https://doi.org/10.29303/jpm.v15i5.1712>
- Nincarean, D., Alia, M. B., Halim, N. D. A., & Rahman, M. H. A. (2013). Mobile Augmented Reality: The Potential for Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103, 657–664. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.385>
- Noprinda, C. T., & Soleh, S. M. (2019). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Higher Order Thinking Skill (HOTS). *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, 2(2), 168–176.
<https://doi.org/10.24042/ijjsme.v2i2.4342>
- Pamoedji, A. K. (2017). *Mudah membuat game augmented reality (AR) dan Virtual Reality (VR) dengan Unity 3D* (1st ed.). Elex Media Komputindo.
- Perwitasari, S., Wahjoedi, & Akbar, S. (2018). Pengembangan

- bahan ajar tematik berbasis kontekstual. *Jurnal Pendidikan : Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 3(3), 278–285.
- Prastowo, A. (2018). *Sumber Belajar & PUSAT Sumber Belajar* (1st ed.). Prenada Media.
- Pratiwi, U., & Fasha, E. F. (2015). Pengembangan Instrumen Penilaian Hots Berbasis Kurikulum 2013 Terhadap Sikap Disiplin. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran IPA*, 1(1), 123. <https://doi.org/10.30870/jppi.v1i1.330>
- Raco, J. . (2010). BAB I Pengertian Tujuan dan Latar Belakang Penelitian Kualitatif. In *Metode Kualitatif (Jenis, Karakteristik, dan Keunggulannya)*. Grasindo.
- Riadi, A., & Retnawati, H. (2014). Pengembangan Perangkat Pembelajaran untuk Meningkatkan HOTS pada Kompetensi Bangun Ruang Sisi Datar. *PYTHAGORAS: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(2), 126–135. <http://journal.uny.ac.id/index.php/pythagoras>
- Rifa'i, M. (2014). PENERAPAN TEKNOLOGI AUGMENTED REALITY PADA APLIKASI KATALOG RUMAH BERBASIS ANDROID Muhammad. *Prosiding SNATIF Ke-1*, 267–274.
- Rofiah, E., Aminah, N. S., & Ekawati, E. Y. (2013). Penyusunan Instrumen Tes Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Fisika

- pada Siswa SMP. *Jurnal Pendidikan Fisika Universitas Sebelas Maret*, 1(2), 17–22.
- Sagita, D. (2016). Peran Bahan Ajar Lks Untuk Meningkatkan Prestasi Belajar Matematika. *Seminar Nasional Pendidikan Matematika Ahmad Dahlan*, 1, 37–44.
- Saifulloh, M., Muhibbin, Z., & Hermanto, H. (2012). Strategi Peningkatan Mutu Pendidikan Di Sekolah. *Jurnal Sosial Humaniora*, 5(2), 206–218.
<https://doi.org/10.12962/j24433527.v5i2.619>
- Salsabillah, S., Sundarti, & supeno. (2018). Analisis Penguasaan Konsep – Konsep Fisika Pokok Bahasan Gelombang Elektromagnetik Pada Siswa Kelas Xii Sma. *Seminar Nasional Pendidikan Fisika*, 3, 259.
- Saragih, B. A., Fahreza, I., Nst, L. A., & Purba, S. L. B. (2022). Strategi Untuk Meningkatkan Mutu Pendidikan: Studi Kasus di SMK Al-Washliyah 13 Kota Tebing Tinggi. *Edumaspul: Jurnal Pendidikan*, 6(1), 315–320.
<https://doi.org/10.33487/edumaspul.v6i1.2330>
- Saregar, A., Latifah, S., & Sari, M. (2016). Efektivitas Model Pembelajaran CUPs: Dampak Terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Peserta Didik Madrasah Aliyah Mathla’ul Anwar Gisting Lampung. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 5(2), 233–244.

<https://doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v5i2.123>

- Simamora, E. (2021). Peningkatan Hasil Belajar Fisika Materi Karakteristik Gelombang Mekanik Menggunakan Model Pembelajaran Problem Base Learning (PBL) di Kelas XII MIPA 2 *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 5, 4638–4649. <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/1618>
- Siregar, S. (2016). *Statistika deskriptif untuk penelitian : dilengkapi perhitungan manual dan aplikasi SPSS versi 17* (1st ed.). Rajawali Pers.
- Soegiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D* (19th ed.). CV ALFABETA.
- Suhady, W., Roza, Y., & Maimunah, M. (2020). Pengembangan Soal untuk Mengukur Higher Order Thinking Skill (HOTS) Siswa. *Jurnal Gantang*, 5(2), 143–150. <https://doi.org/10.31629/jg.v5i2.2518>
- Swawintika, K. (2022). *Resonansi Bunyi: Pengertian, Rumus, dan Contoh Soal*. Ruang Guru Blog. <https://www.ruangguru.com/blog/resonansi-bunyi>
- Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers and Education*, 62, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>

Yaniawati, R. P. (2013). E-Learning to Improve Higher Order Thinking Skills (HOTS) of Students. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 7(2), 109. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v7i2.225>

Zakkina Gais, E. A. A. (2018). ANALISIS KEMAMPUAN SISWA DALAM MENYELESAIKAN SOAL HIGH ORDER THINKING DITINJAU DARI KEMAMPUAN AWAL MATEMATIS SISWA. *Mosharafa : Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 199–206.

LAMPIRAN

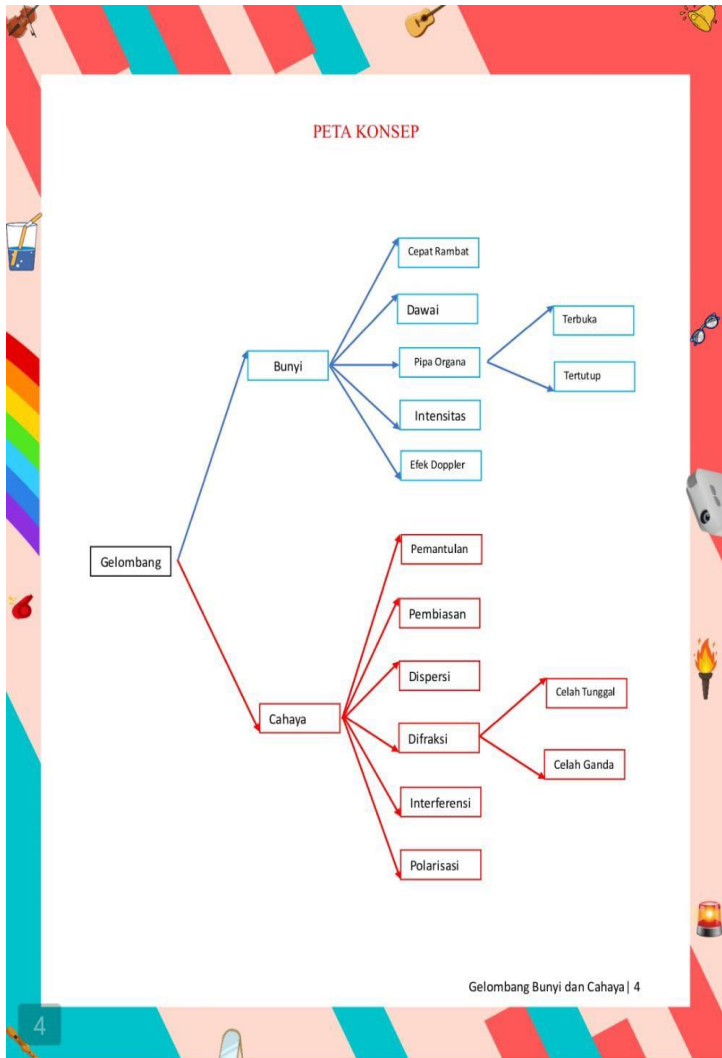
Lampiran 1

E-LKPD Terintegrasi Augmented Reality



DAFTAR ISI

Glosarium	3
Peta Konsep	4
Pendahuluan	5
Materi 1 Gelombang Bunyi	7
Materi 2 Pemantulan, Pembiasan dan Dispersi Cahaya	19
Materi 3 Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi Cahaya	26
Daftar Pustaka	34



Pendahuluan

A. Identitas E-LKPD

Mata Pelajaran : Fisika
 Kelas : XI
 Materi : Gelombang Bunyi Dan Cahaya

B. Kompetensi Dasar

3.10 Menerapkan konsep dan prinsip gelombang bunyi dan cahaya dalam teknologi
 4.10 Melakukan percobaan tentang gelombang bunyi dan/atau cahaya, berikut presentasi hasil percobaan dan makna fisiknya misalnya sonometer, dan kisi difraksi.

C. Deskripsi Singkat Materi

Salam hebat bagi kita semua! Bagaimana kabar kalian hari ini? Semoga selalu sehat dan semangat dimanapun kalian berada. Meskipun banyak gangguan di depan, yakinlah bahwa semua itu akan menjadikan kalian menjadi semakin unggul dan berprestasi dalam segala bidang. Selamat belajar materi gelombang bunyi dan cahaya pada E-LKPD ini.

Coba kalian ingat kembali ketika terdapat fenomena petir di langit. Umumnya kalian akan langsung menutup telinga sesaat setelah terlihat kilat dari kaca jendela. Kalian menutup telinga tentunya karena bunyi hallilintar yang akan terdengar setelah kilat terlihat. Mengapa antara kilat dan hallilintar tidak bersama-sama sampai ke Bumi? Apa saja perbedaan gelombang bunyi dan gelombang cahaya?



Gambar 1. Sumber: <https://gombos.com/>

Pada E-LKPD ini, kalian akan mempelajari tentang karakteristik gelombang bunyi dan gelombang cahaya beserta fenomena yang menyertainya. Kalian akan mengetahui lebih dalam perbedaan antara gelombang bunyi dan gelombang cahaya dengan belajar menerapkan sifat-sifat gelombang bunyi dan cahaya dalam teknologi. Pada uraian materi tentang gelombang, kalian akan belajar tentang perambatan bunyi di berbagai medium, sumber bunyi pada dawai dan pipa organa, intensitas bunyi dan taraf intensitas serta fenomena efek doppler yang dekat dalam kehidupan sehari-hari. Sifat-sifat gelombang cahaya seperti pemantulan, pembiasan, dispersi, difraksi, intreferenensi dan polarisasi juga akan kalian pelajari. Harapannya dengan mempelajari materi ini, kalian dapat menerapkan konsep dan prinsip gelombang bunyi dan gelombang cahaya dalam berbagai kegiatan di kehidupan sehari-hari dan tentunya pemanfaatannya dalam berbagai bidang terutama dalam teknologi.

D. Petunjuk Penggunaan E-LKPD

Sebelum mempelajari E-LKPD ini lebih lanjut, sebaiknya ikuti petunjuk penggunaannya dibawah ini.

1. Pelajari daftar isi E-LKPD ini dengan cermat dan teliti.
2. Pelajari setiap materi ini dengan membaca berulang-ulang sehingga paham dan mengerti
3. Simak contoh latihan soal yang telah disediakan
4. Untuk mengembangkan kemampuan berpikir, kalian dapat mengerjakan latihan soal
5. Tulis kendala yang kalian dapatkan pada E-LKPD ini untuk ditanyakan pada guru ketika tatap muka. Buka referensi lain yang berkaitan dengan materi E-LKPD agar pengetahuan anda lebih dalam dan rinci.
6. Lakukan penilaian diri di akhir pembelajaran.

E. Materi Pembelajaran

E-LKPD ini terdiri dari tiga materi pembelajaran yang di dalamnya terdapat uraian materi, contoh soal, dan soal latihan

Pertama : Gelombang Bunyi

Kedua : Pemantulan, Pembiasan, dan Dispersi Cahaya

Ketiga : Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi

MATERI 1 GELOMBANG BUNYI

A. Tujuan Pembelajaran

- Memahami konsep cepat rambat bunyi
- Memahami konsep bunyi pada dawai
- Memahami konsep pipa organa
- Memahami konsep intensitas bunyi
- Memahami konsep efek doppler

B. Uraian Materi

Pernah merasa bingung kenapa saat berbicara di alam terbuka, suara kita bisa terdengar sampai jauh? Apalagi kalau kita berada di atas gunung, suara lantang dari penduduk bisa terdengar sampai puncak gunung. Hal tersebut bisa terjadi karena adanya karakteristik dari gelombang bunyi. Mengapa dapat demikian? Mari belajar mengenai konsep gelombang bunyi bersama-sama.



Gambar 2. Sumber: <https://travelingjak.com/>

Gelombang Bunyi adalah gelombang yang menjalar melalui suatu medium. Gelombang bunyi termasuk gelombang mekanik yang digolongkan sebagai gelombang longitudinal. Gelombang bunyi menghantarkan bunyi ke telinga manusia. Bunyi / suara mampu terdengar karena adanya getaran yang menjalar ke telinga pendengar. Lantas bagaimana cara menentukan cepat rambat bunyi? Simak materi berikut ini.

1. Cepat Rambat Bunyi

Bunyi adalah gelombang longitudinal yang dapat merambat dalam medium padat, cair, dan gas. Cepat rambat bunyi tergantung pada sifat-sifat medium rambatnya, hal ini menyebabkan bunyi mempunyai cepat rambat yang dipengaruhi oleh dua faktor berikut :

- a. Kerapatan partikel medium yang dilalui bunyi. Semakin rapat susunan partikel medium maka semakin cepat bunyi merambat, sehingga bunyi merambat paling cepat pada zat padat.
- b. Suhu medium, semakin panas suhu medium yang dilalui maka semakin cepat bunyi merambat.

Cepat rambat bunyi dapat dihitung menggunakan persamaan umum sebagai berikut :

$$v = \lambda f$$

Keterangan :

v : cepat rambat bunyi

λ : panjang gelombang bunyi

f : frekuensi bunyi

Apabila cepat rambat bunyi diketahui mediumnya, maka persamaannya menjadi tiga, yaitu :

a. Medium Gas

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{Mr}}$$

Keterangan :

v = cepat rambat bunyi (m/s)

γ = tetapan Laplace

R = tetapan gas umum (J/mol K) T = suhu mutlak (K)

Mr = massa molekul relatif (kg/mol)

b. Medium Cair

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

Keterangan :

v = cepat rambat bunyi (m/s)

B = modulus Bulk (N/m²)

ρ = massa jenis zat cair (kg/m³)

c. Medium Padat

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Keterangan :

v = cepat rambat bunyi (m/s)

E = modulus Young (N/m²)

ρ = massa jenis zat padat (kg/m³)

Contoh Soal

Tentukan kecepatan perambatan gelombang bunyi di dalam air, jika diketahui modulus Bulk air $2,25 \times 10^9$ Nm⁻² dan massa jenis air 10^3 kgm⁻³. Tentukan pula panjang gelombangnya, jika frekuensi yang dihasilkan 1 kHz

Penyelesaian:

Diketahui $B = 2,25 \times 10^9$ Nm⁻²; $\rho = 10^3$ kgm⁻³; $f = 10^3$ Hz

Menggunakan persamaan medium zat cair :

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{1500}{1000} = 1,5 \text{ m}$$

2. Dawai

Ketika suatu gitar dimainkan, bagian depan (dekat leher gitar) pasti terdengar lebih keras. Hal ini terjadi karena semakin pendek jaraknya, frekuensinya semakin tinggi (berbanding terbalik). Hal tersebut juga berlaku pada massa jenis, dan luas permukaan senarnya. Yang dimaksud dengan luas permukaan senar di sini penampang dari senar / dawai dan tentu kecil sekali kan penampangnya? Ini berarti, semakin kecil luas permukaannya maka frekuensi yang dihasilkan semakin besar. Adapun variabel yang berbanding lurus dengan frekuensi adalah gaya.



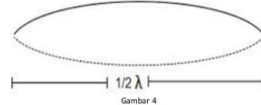
Gambar 3. Objek tiga dimensi gitar

Gitar adalah alat musik yang menggunakan dawai sebagai sumber bunyinya. Gitar mampu menciptakan nada-nada yang berbeda dengan cara menekan bagian tertentu pada senar saat dipetik.

Ketika memetik gitar dengan lebih kencang, pasti suaranya terdengar nyaring. Coba bandingkan dengan petikan yang lembut dan pelan, pasti bunyi yang keluar akan lebih rendah. Nada yang dihasilkan dengan pola paling sederhana disebut nada dasar, selanjutnya secara berturut-turut pola gelombang yang terbentuk menghasilkan nada atas ke 1, nada atas ke 2, nada atas ke 3 dan seterusnya. Baca dengan seksama uraian tentang nada-nada yang dihasilkan pada dawai berikut :

❖ Nada Dasar

Nada Dasar terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk $1/2$ gelombang seperti pada gambar 4.

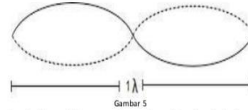


Gambar 4

Pada gambar 4, tali sepanjang L membentuk $\frac{1}{2}\lambda$, sehingga : $L = \frac{1}{2}\lambda$ maka dihasilkan $\lambda = 2L$. Berdasarkan hal tersebut, maka frekuensi nada dasar dawai sebagai berikut

$$f_0 = \frac{v}{2L}$$

❖ Nada Atas Pertama



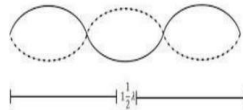
Gambar 5

Nada atas pertama terjadi apabila sepanjang dawai terbentuk 1 gelombang seperti gambar 5. Tali sepanjang L membentuk 1λ .

$$f_1 = \frac{2v}{2L} = \frac{v}{L}$$

❖ Nada Atas Kedua

Nada atas ke 2 muncul ketika suatu sepanjang dawai terbentuk 1,5 gelombang. Tali dengan panjang L membentuk $1 \frac{1}{2} \lambda$ atau $3/2 \lambda$



Gambar 6

Berdasarkan hal diatas maka frekuensi nada atas kedua pada dawai adalah

$$f_2 = \frac{3v}{2L}$$

Berdasarkan data diatas dapat diambil kesimpulan bahwa frekuensi nada atas ke n dawai adalah :

$$f_n = (n+1) \frac{v}{2L}$$

Berdasarkan persamaan frekuensi nada dasar, nada atas pertama, nada atas kedua pada dawai, maka diperoleh perbandingan sebagai berikut :

$$f_0 : f_1 : f_2 = 1 : 2 : 3$$

3. Pipa Organa

Adapun sumber bunyi yang menggunakan kolom udara sebagai sumber getarnya disebut pipa organa. Contoh pipa organa terdapat pada seruling, terompet, atau piano. Pipa organa dibagi menjadi pipa organa terbuka dan pipa organa tertutup.

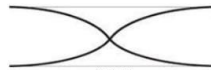


Gambar 7. Sumber : <https://psasby.com/>

a. Pipa Organa Terbuka

Pipa organa terbuka merupakan sebuah kolom udara atau tabung yang kedua ujung penampangnya terbuka. Kedua ujungnya berfungsi sebagai perut gelombang karena bebas bergerak dan di tengahnya adalah simpul. Secara umum, bentuk persamaan frekuensi harmonik dan pipa organa terbuka dapat dirumuskan menjadi:

❖ Nada Dasar



Gambar 8

Jika sebuah pipa organa terbentuk $\frac{1}{2}$ gelombang, maka nada yang ditimbulkan disebut nada dasar. Karena panjang (L) setara dengan $\frac{1}{2}$ gelombang, maka $\lambda = 2L$. Berdasarkan hal tersebut diperoleh persamaan frekuensi nada dasar untuk pipa organa terbuka sebagai berikut :

$$f_0 = \frac{v}{2L}$$

❖ Nada Atas Pertama

Apabila sepanjang pipa organa (L) terbentuk 1 gelombang (λ), maka nada yang dihasilkannya disebut nada atas pertama.



Gambar 9

Pipa organa dengan panjang (L), dimana $L = 1\lambda$ maka rekuensi nada atas ke 1 adalah :

$$f_1 = \frac{2v}{2L} = \frac{v}{L}$$

❖ **Nada Atas Kedua**

Jika sepanjang (L) pipa organa terbentuk $3/2$ gelombang (λ), maka nada yang dihasilkannya disebut nada atas kedua.



Gambar 10

Sebuah pipa organa memiliki panjang (L), dimana $L = 3/2 \lambda$. Berdasarkan hal tersebut maka persamaan nada atas ke 2 pipa organa terbuka adalah :

$$f_2 = \frac{3v}{2L}$$

Berdasarkan data yang telah disampaikan, dapat ditarik kesimpulan bahwa frekuensi nada atas ke n pada pipa organa terbuka dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$f_n = (n+1) \frac{v}{2L}$$

Berikut merupakan perbandingan frekuensi yang dihasilkan oleh nada dasar, nada atas pertama, dan nada atas kedua pada pipa organa terbuka :

$$f_0 : f_1 : f_2 = 1 : 2 : 3$$

b. **Pipa Organa Tertutup**

Pipa organa tertutup merupakan sebuah kolom udara atau tabung yang salah satu ujung penampangnya tertutup (menjadi simpul karena tidak bebas bergerak) dan ujung lainnya terbuka (menjadi perut). Secara umum, bentuk persamaan frekuensi harmonik dari pipa organa tertutup dapat dirumuskan menjadi:

❖ **Nada Dasar**

Jika sepanjang pipa organa terbentuk $1/4$ gelombang (λ), maka nada yang ditimbulkan disebut nada dasar.



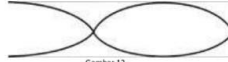
Gambar 11

Sepanjang (L) pipa organa tertutup dihasilkan $\frac{1}{4}$ gelombang (λ), maka Persamaan pipa organa tertutup untuk nada dasar adalah :

$$f_0 = \frac{v}{4L}$$

❖ **Nada Atas Pertama**

Jika sepanjang (L) pipa organa terbentuk 3/4 gelombang (λ), maka nada yang dihasilkannya disebut nada atas pertama.



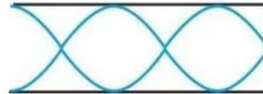
Gambar 12

Karena $L = \frac{3}{4} \lambda$, maka persamaan pipa organa tertutup untuk nada atas pertama adalah :

$$f_1 = \frac{3v}{4L}$$

❖ **Nada Atas Kedua**

Jika sepanjang (L) pipa organa terbentuk 5/4 gelombang (λ), maka nada yang dihasilkannya disebut nada atas kedua.



Gambar 13

Karena $L = \frac{5}{4} \lambda$, maka persamaan pipa organa tertutup untuk nada atas kedua adalah :

$$f_2 = \frac{5v}{4L}$$

Berdasarkan persamaan yang telah disampaikan dapat diambil kesimpulan bahwa frekuensi nada atas ke n pada pipa organa tertutup dapat ditentukan menggunakan :

$$f_n = (n+1) \frac{v}{2L}$$

Perbandingan frekuensi nada dasar, nada atas pertama, nada atas kedua yang dihasilkan oleh pipa organa tertutup adalah :

$$f_0 : f_1 : f_2 = 1 : 3 : 5$$

Contoh Soal

Sebuah pipa organa yang terbuka kedua ujungnya memiliki nada dasar dengan frekuensi sebesar 300 Hz. Tentukan besar frekuensi dari :

- a) Nada atas pertama

b) Nada atas kedua

c) Nada atas ketiga

Pembahasan

Perbandingan nada-nada pada pipa organa terbuka memenuhi:

f_0 adalah frekuensi nada dasar

f_1 adalah frekuensi nada atas pertama f_2 adalah frekuensi nada atas kedua dan seterusnya.

a) Nada atas pertama (f_1)

$$f_1 / f_0 = 2 / 1$$

$$f_1 = 2 \times f_0 = 2 \times 300 \text{ Hz} = 600 \text{ Hz}$$

b) Nada atas kedua (f_2)

$$f_2 / f_0 = 3 / 1$$

$$f_2 = 3 \times f_0 = 3 \times 300 = 900 \text{ Hz}$$

c) Nada atas ketiga (f_3)

$$f_3 / f_0 = 4 / 1$$

$$f_3 = 4 \times f_0 = 3 \times 300 = 1200 \text{ Hz}$$

4. Intensitas dan Taraf Intensitas

Kita semua pernah mendengar bel sekolah yang berbunyi sekolah. Ketika bel di sekolah berbunyi, pernahkah mendengarnya dengan samar? Kira-kira kenapa hal tersebut dapat timbul?. Kalian pasti menduga bahwa mendengar dengan samar karena posisi yang agak jauh dari bel sebagai sumber bunyinya. Sebaliknya jika berada dekat dengan bel tersebut, tentu terdengar dengan jelas bahkan kadang sampai memekakkan telinga. Peristiwa ini disebut dengan Intensitas Bunyi.

a. Intensitas Bunyi

Intensitas memiliki adalah besaran untuk mengukur kenyaringan bunyi. Intensitas bunyi yaitu energi bunyi yang tiap detik (daya bunyi) menembus bidang setiap satuan luas permukaan secara tegak lurus.

Persamaan intensitas bunyi di suatu titik oleh beberapa sumber bunyi

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

Keterangan :

I : Intensitas bunyi (W/m^2)

P : Energi tiap waktu atau daya (W)

A : Luas (m^2)

Dapat diketahui intensitas gelombang bunyi pada suatu titik berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya dari sumber bunyi, maka perbandingan intensitas bunyi di dua tempat yang berbeda jaraknya terhadap satu sumber bunyi adalah :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

Ternyata kuat bunyi yang terdengar oleh telinga tidak berbanding lurus dengan besarnya intensitas bunyi. Misalnya, jika intensitas awal 10^5 Wm^{-2} dan ditingkatkan menjadi $2 \times 10^5 \text{ Wm}^{-2}$, ternyata telinga kita tidak mendengar bunyi dua kali lebih kuat, bahkan telinga merasa mendengar bunyi yang hampir sama kuatnya. Oleh karena jangkauan intensitas bunyi yang dapat didengar manusia sangat besar maka dikembangkan suatu besaran yang menyatakan intensitas dalam bilangan yang lebih kecil. Besaran ini dinamakan taraf intensitas bunyi atau disingkat TI.

b. Taraf Intensitas Bunyi

Yang dimaksud dengan taraf intensitas bunyi adalah logaritma perbandingan antara intensitas bunyi dengan intensitas ambang pendengaran.

$$TI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

keterangan:

TI = taraf intensitas bunyi (dB)

I = intensitas bunyi (watt/m^2)

I_0 = intensitas ambang pendengaran ($I_0 = 10^{-12} \text{ Watt/m}^2$)

Jika terdapat lebih dari satu sumber bunyi yang identik maka taraf intensitasnya menjadi :

$$TI_n = TI_1 + 10 n$$

keterangan:

n = jumlah sumber bunyi

Contoh Soal

1. Sebuah sumber gelombang bunyi dengan daya 50 W memancarkan gelombang ke medium sekelilingnya yang homogen. Intensitas radiasi gelombang tersebut pada jarak 10 m dari sumber adalah ...

Pembahasan :

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{50}{4\pi 10^2}$$

$$I = 0,125 \pi \text{ m}$$

5. Efek Doppler



Gambar 13 Sumber : <https://pixabay.com/>

Perhatikan gambar kereta api pada gambar 13. Analogikan kecepatan kereta identik dengan kecepatan rambat gelombang. Panjang gerbong kereta api sekitar 12,5 meter. Jika kereta bergerak dengan kecepatan 72 km/jam = 20 m/s maka kita dapat identikkan dengan gelombang sebagai berikut :

$$\lambda = 12,5 \text{ m}$$

$$v = 20 \text{ m/s}$$

Maka frekuensi gelombang adalah

$$f = v \cdot \lambda = 20 \cdot 12,5 = 1,6 \text{ Hz.}$$

Atau periode gelombang adalah

$$T = 1/f = 0,625 \text{ s.}$$

Ini artinya, tiap gerbong akan melewati kita yang sedang berdiri setiap **0,625 detik**.

Efek Doppler menjelaskan fenomena yang berkaitan dengan pergerakan sumber bunyi terhadap pendengar yang relatif satu sama lain dan menyebabkan frekuensi yang didengar berbeda dari frekuensi yang dihasilkan sumber bunyi.

Misalnya, ketika sebuah kereta yang bergerak mendekati seseorang yang sedang berdiri di stasiun, maka bunyi yang akan terdengar makin tinggi. Ketika kereta tersebut bergerak menjauh maka bunyi yang terdengar akan semakin mengecil.



Gambar 14. Objek tiga dimensi ambidance

Contoh efek Doppler dapat disimak pada gambar 14. Pada saat sumber suara diam, kedua penerima mendengar besar frekuensi yang sama. Saat sumber suara bergerak, salah satu penerima mendengar frekuensi yang lebih besar dari sebelumnya dan penerima lain mendengar frekuensi yang lebih kecil dari sebelumnya. Persamaan Efek Doppler adalah :

$$f_p = \frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} f_s$$

Keterangan :

f_p = frekuensi pendengar (Hz)

f_s = frekuensi sumber bunyi (Hz)
 v_p = kecepatan pendengar (m/s)
 v_s = kecepatan sumber bunyi (m/s) v = cepat rambat udara (340 m/s)

Untuk memudahkan penggunaan persamaan pada efek doppler diterapkan :
 vs bernilai positif (+) jika sumber bunyi menjauhi pendengar.
 vs bernilai negatif (-) jika sumber bunyi mendekati pendengar.
 vp bernilai positif (+) jika pendengar mendekati sumber bunyi.
 vp bernilai negatif (-) jika pendengar menjauhi sumber bunyi.

Contoh Soal

Sebuah kereta api bergerak dengan kecepatan 72 km/jam mendekati stasiun sambil membunyikan peluit yang berfrekuensi 940 Hz. Kecepatan bunyi di udara 340 m/s. Bunyi yang didengar oleh orang yang berada di stasiun berfrekuensi...

Diketahui

$v_s = 72 \text{ km/jam} = 20 \text{ m/s}$ (sumber bunyi mendekati pendengar (-))

$v_p = 0 \text{ m/s}$ (pendengar diam)

$f_s = 940 \text{ Hz}$

$v = 340 \text{ m/s}$

Ditanya: f_p ?

Jawab:

$$f_p = \frac{v + v_p}{v - v_s} f_s$$

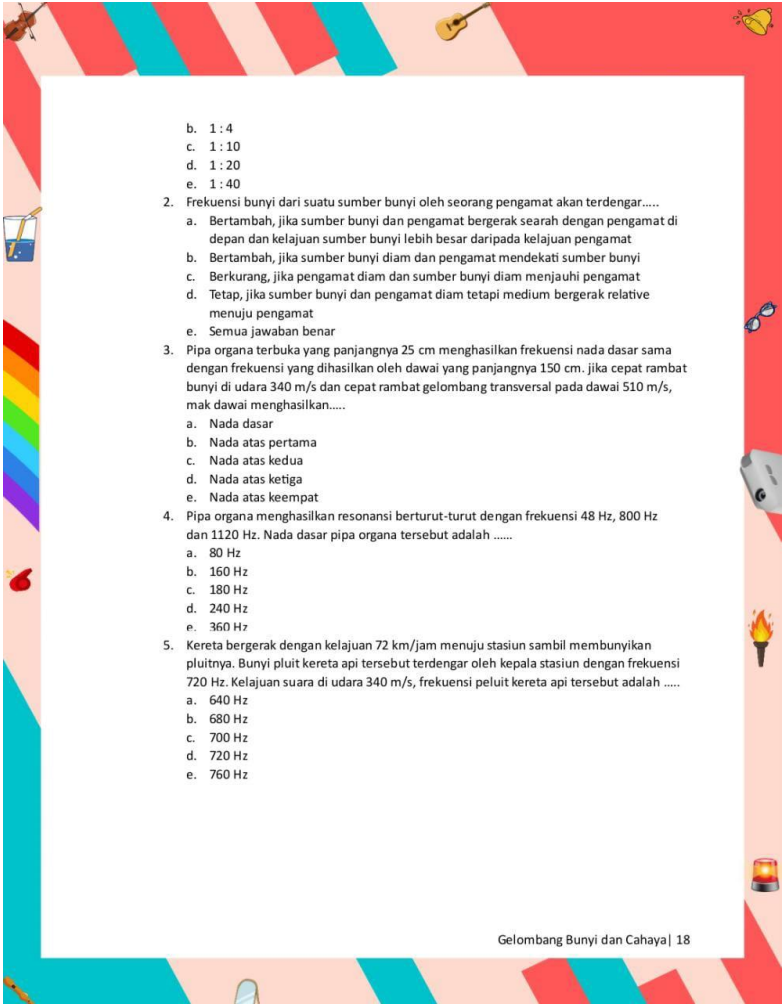
$$f_p = \frac{340}{320} \cdot 940$$

$$f_p = 988,75 \text{ Hz}$$

C. Latihan Soal

Ketentuan mengerjakan soal :

- Baca soal dengan teliti dan seksama
 - Pilih jawaban yang paling tepat
 - Jawab soal pada lembar yang telah disediakan
1. Dua batang logam A dan B masing-masing memiliki besar modulus Young $0,2 \times 10^{11} \text{ Pa}$ dan $4 \times 10^{11} \text{ Pa}$. apabila perbandingan antara massa jenis logam A dan B adalah 20 : 1, perbandingan cepat rambat bunyi pada logam A dan B adalah.....
 - a. 1 : 2

- 
- b. 1 : 4
c. 1 : 10
d. 1 : 20
e. 1 : 40
2. Frekuensi bunyi dari suatu sumber bunyi oleh seorang pengamat akan terdengar.....
- Bertambah, jika sumber bunyi dan pengamat bergerak searah dengan pengamat di depan dan kelajuan sumber bunyi lebih besar daripada kelajuan pengamat
 - Bertambah, jika sumber bunyi diam dan pengamat mendekati sumber bunyi
 - Berkurang, jika pengamat diam dan sumber bunyi diam menjauhi pengamat
 - Tetap, jika sumber bunyi dan pengamat diam tetapi medium bergerak relative menuju pengamat
 - Semua jawaban benar
3. Pipa organa terbuka yang panjangnya 25 cm menghasilkan frekuensi nada dasar sama dengan frekuensi yang dihasilkan oleh dawai yang panjangnya 150 cm. jika cepat rambat bunyi di udara 340 m/s dan cepat rambat gelombang transversal pada dawai 510 m/s, mak dawai menghasilkan.....
- Nada dasar
 - Nada atas pertama
 - Nada atas kedua
 - Nada atas ketiga
 - Nada atas keempat
4. Pipa organa menghasilkan resonansi berturut-turut dengan frekuensi 48 Hz, 800 Hz dan 1120 Hz. Nada dasar pipa organa tersebut adalah
- 80 Hz
 - 160 Hz
 - 180 Hz
 - 240 Hz
 - 360 Hz
5. Kereta bergerak dengan kelajuan 72 km/jam menuju stasiun sambil membunyikan pluitnya. Bunyi pluit kereta api tersebut terdengar oleh kepala stasiun dengan frekuensi 720 Hz. Kelajuan suara di udara 340 m/s, frekuensi peluit kereta api tersebut adalah
- 640 Hz
 - 680 Hz
 - 700 Hz
 - 720 Hz
 - 760 Hz

D. Penilaian Diri

Mari cek kemampuan diri kalian dengan mengisi tabel berikut! Berilah tanda checklist (v) pada kolom yang sesuai dengan kemampuan yang kalian miliki !

No	Pertanyaan	YA	TIDAK
1.	Saya dapat memahami konsep cepat rambat bunyi pada berbagai medium		
2.	Saya dapat memahami konsep bunyi pada dawai		
3.	Saya dapat memahami konsep bunyi pada pipa organa terbuka dan pipa organa tertutup		
4.	Saya dapat memahami konsep intensitas bunyi dan taraf Intensitas		
5.	Saya dapat memahami konsep Efek Doppler		

Bila terdapat jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak". Bila semua jawaban "Ya", maka dapat melanjutkan ke materi pembelajaran berikutnya.

Materi 2

Pemantulan, Pembiasan dan Dispersi Cahaya

A. Tujuan Pembelajaran

- Mampu memahami konsep pemantulan cahaya
- Mampu memahami konsep pembiasan cahaya
- Mampu memahami konsep dispersi cahaya

B. Uraian Materi

Setiap hari kita merasakan pengaruh matahari yang menyinari bumi. Siang hari tampak terang tidak seperti malam hari, pakaian basah menjadi kering, dan terasa panas menyengat ketika kita berjalan di siang hari. Fenomena ini dikarenakan radiasi cahaya matahari dapat mencapai permukaan bumi. Cahaya adalah salah satu bentuk energi yang dapat kita lihat dan kita rasakan pengaruhnya. Cahaya termasuk gelombang karena memiliki sifat-sifat yang sama dengan gelombang. Termasuk gelombang apakah cahaya itu? mengapa demikian?

Cahaya termasuk gelombang elektromagnetik karena bisa merambat tanpa memerlukan medium perantara. Cahaya juga merupakan gelombang transversal yang arah rambatannya tegak lurus dengan arah getarnya. Pada materi dua ini, kalian akan belajar tentang sifat-sifat gelombang cahaya meliputi pemantulan, pembiasan dan, dispersi cahaya. Silahkan kalian pelajari uraian materi berikut ini.

1. Pemantulan

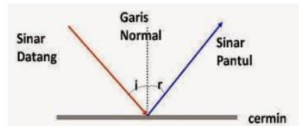
Kita semua pasti pernah bercermin ? Bayangan kita dan bayangan di cermin pasti sama persis, mulai dari tinggi hingga jaraknya.



Gambar 7 Sumber : <https://cdn-cs.oremi.co.id/>

Bayangan pada cermin tersebut merupakan contoh dari peristiwa pemantulan cahaya. Apa itu peristiwa pemantulan cahaya? Simak, penjelasan berikut.

Pemantulan cahaya adalah peristiwa dimana arah cahaya dibalikkan karena menyentuh sebuah permukaan. Pemantulan cahaya dapat timbul pada permukaan yang mengkilap, salah satu contohnya adalah cermin.



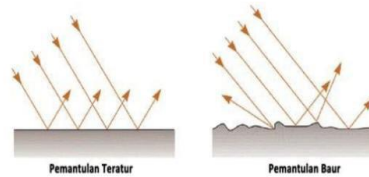
Gambar 16.

Hukum pemantulan cahaya yang dikemukakan oleh Snellius (1591 - 1626). Bunyi hukum pemantulan cahaya sebagai berikut:

- ❖ Sinar datang, garis normal, dan sinar pantul terletak pada suatu bidang datar.
- ❖ Besar sudut datang sama dengan besar sudut pantul.

Jenis-Jenis Pemantulan

- ❖ Pemantulan Teratur
 - Berkas sinar-sinar sejajar dipantulkan sejajar juga banyak sinar pantul yang mengenai mata pengamat sehingga benda tampak bersinar terang terjadi pada benda-benda yang permukaannya halus (rata) seperti kaca, baja, dan aluminium.
- ❖ Pemantulan baur (difus)
 - Berkas sinar-sinar sejajar dipantulkan ke segala arah hanya sedikit sinar pantul yang mengenai mata pengamat sehingga benda tampak suram terjadi pada benda yang mempunyai permukaan kasar (tidak rata).



Gambar 17

Mudahnya, perbedaan pemantulan teratur dan pemantulan baur yaitu saat kamu bercermin di cermin yang bersih itulah yang disebut pemantulan teratur, sedangkan saat kamu bercermin di cermin yang kotor itulah yang disebut pemantulan baur.

2. Pembiasan

Coba kalian perhatikan gambar dibawah



Gambar 18

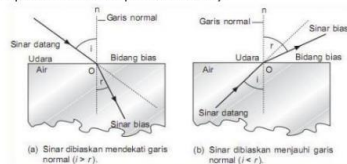
Terkadang kita melihat genangan air di jalan raya, namun ketika mendekat, ternyata tidak genangan air apapun. Itulah yang kita kenal dengan istilah fatamorgana. Atau ketika kolam renang atau sungai yang airnya jernih terlihat seperti dangkal. Padahal kolam renang atau sungai tersebut sebenarnya dalam.

Peristiwa-peristiwa tersebut merupakan contoh dari pembiasan cahaya. Apa itu peristiwa pembiasan cahaya?

Pembiasan cahaya adalah fenoemen perubahan arah rambat cahaya ketika berpindah dari satu medium ke medium lain yang kerapatan optiknya berbeda. Penyebab terjadinya pembiasan cahaya dibagi menjadi 2 yaitu:

- ❖ Ketika sinar datang dari medium yang kurang rapat menuju medium yang lebih rapat maka sinar datang akan dibiaskan mendekati garis normal. Contohnya ketika sinar datang melalui medium udara menuju air.
- ❖ Ketika sinar datang dari medium yang lebih rapat menuju medium yang kurang rapat maka sinar datang akan dibiaskan menjauhi garis normal. Contohnya ketika sinar datang melalui medium air menuju udara.

Berikut merupakan ilustrasi dari pembiasan cahaya



Gambar 19

Pembiasan cahaya secara matematis dituliskan menggunakan persamaan pada Hukum Snellius berikut :

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

keterangan :

n_1 = indeks bias medium 1

θ_1 = sudut datang

n_2 = indeks bias medium 2
 θ_2 = sudut bias

3. Dispersi

Kita tentu pernah melihat pelangi, setidaknya sekali.

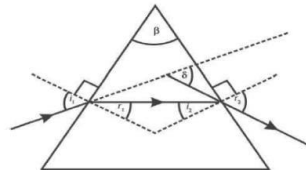


Gambar 20 Sumber : <https://pisa.bay.com/>

Warnanya yang beraneka ragam menjadi salah satu fenomena yang sangat dinanti ketika hujan usai bahkan mungkin bermain dengan benda-benda bening untuk membuat warna pelangi. Warna pelangi merupakan peristiwa penguraian cahaya yang dikenal dengan istilah dispersi.

Dispersi merupakan fenomena penguraian cahaya polikromatik (putih) menjadi cahaya-cahaya monokromatik (me, j, hu, hi, bi, ni, u) pada prisma lewat pembiasan atau pembelokan. Hal ini membuktikan bahwa cahaya putih terdiri dari harmonisasi berbagai cahaya warna dengan berbeda-beda panjang gelombang.

Gejala dispersi cahaya juga dapat diamati dari sebuah prisma. Seberkas sinar menuju prisma dengan sudut datang i . Sinar tersebut kemudian meninggalkan prisma dengan sudut keluar r' . Besarnya sudut penyimpangan antara sinar yang menuju prisma dengan sinar yang meninggalkan prisma disebut sebagai sudut deviasi. Besar sudut deviasi tergantung pada besar kecilnya sudut datang. Sudut deviasi terkecil disebut sudut deviasi minimum. Sudut deviasi minimum terjadi jika:



dengan δ = sudut deviasi

i_1 = sudut datang pertama

r_1 = sinar bias pertama

i_2 = sudut datang akhir

r_2 = sinar bias akhir

β = sudut pembias prisma

Gambar 21

Sudut deviasi terkecil disebut deviasi minimum, terjadi jika $i = r' = i'$ serta $i' + r = \beta$.
Besarnya sudut deviasi pada prisma dirumuskan dengan :

$$\delta_m = i' + r - \beta$$

Keterangan :

δ_m = sudut deviasi minimum

β = sudut pembias prisma

Ayo Mengamati

Untuk memperdalam pengetahuan kalian, mari lakukan pengamatan dispersi menggunakan Augmented Reality berikut :

1. Pastikan smartphone terhubung ke jaringan internet
2. Klik link yang telah disediakan
3. Unduh file yang telah ditemukan
4. Buka folder undahan kemudian klik pasang
5. Tunggu beberapa saat hingga aplikasi terpasang
6. Buka aplikasi, kemudian arahkan kamera smartphone pada qr code dibawah ini



7. Tunggu beberapa detik hingga objek 3D muncul
8. Tulis hasil pengamatan yang kalian lakukan pada sebuah kertas
9. Bahas hasil pengamatan tersebut bersama teman dan guru kalian

Contoh Soal

Seseorang menyinari sebuah kaca tebal dengan sudut 30° terhadap garis normal. Jika cepat rambat cahaya di dalam kaca adalah 2×10^8 m/s, tentukan indeks bias kaca dan sudut biasnya.

Penyelesaian:

Diketahui:

$$\theta_1 = 30^\circ$$

$$V_2 = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Ditanyakan: n_2 (indeks bias kaca) dan θ ,

Jawab:

Jawab:

Untuk mencari indeks bias kaca, gunakan persamaan :

$$n = \frac{c}{v} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 10^8}$$

$$n = 1,5$$

Jadi, indeks bias kaca adalah 1,5

Untuk mencari sudut bias, gunakan hukum Snellius

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\sin 30}{\sin \theta_r} = \frac{1,5}{1}$$

$$\sin \theta_r = \frac{0,5}{1} = 0,33$$

$$\sin \theta_r = 19,27^\circ$$

Jadi, besar sudut biasnya adalah 19,27°.

C. Latihan Soal

Ketentuan mengerjakan soal :

- Baca soal dengan teliti dan seksama
 - Pilih jawaban yang paling tepat
 - Jawab soal pada lembar yang telah disediakan
1. Seberkas sinar mengenai sistem optik yang terdiri dari dua cermin datar yang saling tegak lurus. Setelah berkas sinar mengalami pemantulan dua kali maka arah berkas sinar....
 - a. menuju sinar datang
 - b. memotong sinar datang
 - c. tegak lurus sinar datang
 - d. sejajar dan berlawanan sinar datang
 - e. sejajar dan searah sinar datang
 2. Dua buah cermin datar X dan Y disusun berhadapan membentuk sudut 135. Seberkas cahaya laser datang pada cermin X dengan sudut 30° terhadap permukaan cermin, maka besar sudut yang dibentuk oleh berkas cahaya datang pada cermin X dan berkas cahaya pantul oleh cermin Y adalah...
 - a. 45°
 - b. 60°
 - c. 70°
 - d. 75°
 - e. 90°
 3. Pada pembiasan cahaya dari udara, makin kecil sudut datang....

- a. Makin besar sudut bias
 - b. Sudut bias bernilai tetap
 - c. Makin kecil sudut bias
 - d. Tergantung dengan indeks biasnya
 - e. Sudut bias lebih kecil atau besar tergantung polarisasi cahaya
4. Peristiwa dispersi terjadi saat ...
- a. Cahaya polikromatik mengalami pembiasan oleh prisma
 - b. Cahaya mengalami pemantulan ketika memasuki air
 - c. Cahaya polikromatik mengalami polarisasi
 - d. Cahaya polikromatik mengalami pembelokan oleh kisi
 - e. Cahaya bikromatik mengalami interferensi konstruktif
5. Seberkas cahaya datang dari dalam air ($n_{\text{air}} = 4/3$) ke permukaan (batas air dan udara) dengan sudut datang 53° ($\sin 53^\circ = 0,8$ dan $\cos 53^\circ = 0,6$), maka berkas cahaya itu:
- 1) dibiaskan seluruhnya
 - 2) sebagian dibiaskan sebagian dipantulkan
 - 3) mengalami polarisasi linear pada sinar pantul
 - 4) seluruhnya dipantulkan
- Pernyataan di atas yang tepat adalah....
- a. (1), (2), (3)
 - b. (1) dan (3)
 - c. (2) dan (4)
 - d. (4) saja
 - e. (1), (2), (3), (4)

D. Penilaian Diri

Mari cek kemampuan diri kalian dengan mengisi tabel berikut! Berilah tanda checklist (v) pada kolom yang sesuai dengan kemampuan yang kalian miliki !

No	Pertanyaan	YA	TIDAK
1.	Saya dapat memahami konsep pemantulan cahaya		
2.	Saya dapat memahami konsep pembiasan cahaya		
3.	Saya dapat memahami konsep dispersi cahaya		

Bila terdapat jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak". Bila semua jawaban "Ya", maka dapat melanjutkan ke materi pembelajaran berikutnya.

Materi 3

Difraksi, Interferensi, dan Polarisasi Cahaya

A. Tujuan Pembelajaran

- Mampu memahami konsep difraksi cahaya
- Mampu memahami konsep interferensi cahaya
- Mampu memahami konsep polarisasi cahaya

B. Uraian Materi

Kalian tentu pernah bermain gelembung sabun seperti ditunjukkan gambar 22



Gambar 22. Sumber: <https://pixabay.com/>

Pernahkah kalian melihat gelembung sabun yang tampaknya berwarna-warni seperti pelangi? Warna pada gelembung sabun bukan disebabkan oleh pembiasan tetapi terjadi karena interferensi konstruktif dan destruktif dari sinar yang dipantulkan oleh suatu lapisan tipis.

Atau mungkin kalian juga sering melihat bangunan rumah atau kantor yang jendelanya dibuat dengan celah-celah kecil? Atau kenapa seseorang sering sekali memakai kacamata hitam ketika berada di pantai yang panas? Semua penjelasan itu akan kalian pelajari pada materi 3 ini yang akan membahas tentang sifat cahaya yang dapat mengalami difraksi, interferensi, dan polarisasi. Simak baik-baik uraian materi berikut ini dengan seksama.

1. Difraksi

Pada jarak tertentu mata kita sulit membedakan posisi dua nyala lampu yang sangat berdekatan. Fenomena ini disebabkan oleh diameter pupil mata kita sangat sempit. Akibatnya adalah cahaya dua lampu tersebut ketika sampai ke mata kita mengalami difraksi. Apakah difraksi cahaya itu?

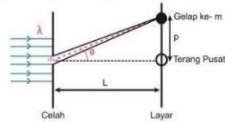
Difraksi cahaya merupakan peristiwa pelenturan cahaya yang akan terjadi jika cahaya melalui celah yang sangat sempit. Kita dapat melihat gejala ini dengan mudah pada cahaya yang melewati sela jari-jari yang kita rapatkan kemudian kita arahkan pada sumber cahaya yang jauh, misalnya lampu neon. Atau dengan melihat melalui kisi tenun kain yang terkena sinar lampu yang cukup jauh.

a. Celah Tunggal

Difraksi merupakan fenomena penyebaran gelombang elektromagnetik yang muncul ketika gelombang tersebut melewati sebuah celah sempit.

Gelombang Bunyi dan Cahaya | 27

Penyebaran ini dapat dijelaskan oleh prinsip Huygens, yang mengatakan bahwa setiap bagian dari celah dapat dianggap sebagai sumber cahaya yang dapat berinterferensi dengan cahaya dari bagian celah yang lain.



Gambar 23

Gambar 23 merupakan proses difraksi cahaya ketika melewati celah tunggal. Ketika cahaya difraksi bergabung, maka ia akan menghasilkan pola terang atau gelap yang dihasilkan dari interferensi gelombang. Untuk interaksi minimum akan menghasilkan pola gelap dengan formulasi:

$$d \sin \theta = n \lambda$$

Jika sudut θ memiliki nilai yang sangat kecil maka persamaan di atas akan menjadi:

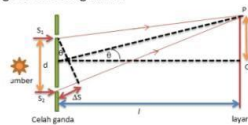
$$d \frac{p}{l} = n \lambda$$

Keterangan :

- d = lebar celah
- p = jarak antar terang
- l = jarak layar
- n = terang ke
- λ = panjang gelombang

b. Celah Ganda

Difraksi cahaya juga timbul jika cahaya melalui banyak celah sempit terpisah sejajar satu sama lain dengan jarak konstan. Celah semacam ini dinamakan kisi difraksi atau sering disebut dengan kisi.



Gambar 24

Persamaan untuk difraksi celah ganda adalah :

$$d \sin \theta = n \lambda$$

Jika sudut θ memiliki nilai yang sangat kecil maka persamaan di atas akan menjadi:

$$d \frac{\theta}{l} = n \lambda$$

Keterangan :

$d = 1/N$

$N = \text{Jumlah celah / kisi}$

2. Interferensi

Interferensi adalah perpaduan dua gelombang atau lebih. Interferensi cahaya bisa terjadi jika ada dua atau lebih berkas sinar yang bergabung. Jika cahayanya tidak berupa berkas sinar maka interferensinya sulit diamati. Beberapa contoh terjadinya interferensi cahaya dapat kalian perhatikan pada penjelasan berikut.

Interferensi adalah paduan dua gelombang atau lebih menjadi satu gelombang baru. Interferensi terjadi jika terpenuhi dua syarat dibawah ini :

- ❖ Kedua gelombang cahaya harus koheren, yang berarti bahwa kedua gelombang cahaya harus memiliki beda fase yang selalu konstan, oleh sebab itu keduanya harus memiliki frekuensi yang sama.
- ❖ Kedua gelombang cahaya harus memiliki amplitudo yang hampir sama.

a. Celah Ganda

Pola maksimum atau pola terang timbul apabila beda lintasan optik merupakan kelipatan setengah bulat panjang gelombang, pada interferensi celah ganda dirumuskan dalam persamaan :

$$d \sin \theta = n \lambda$$

Pola minimum atau pola gelap terjadi jika beda lintasan optik merupakan kelipatan setengah bulat panjang gelombang, pada interferensi celah ganda dirumuskan dalam persamaan :

$$d \sin \theta = (n+1) \lambda$$

b. Lapisan Tipis

- ❖ Persamaan Interferensi Maksimum

$$2 n t = (m + 1/2) \lambda$$

- ❖ Persamaan Interferensi Minimum

$$2 n t = m \lambda$$

Keterangan :

$t = \text{tebal lapisan tipis}$

$m = \text{orde interferensi}$

$n = \text{indeks bias lapisan}$

$\lambda = \text{panjang gelombang}$

3. Polarisasi

Pernahkah kalian menggunakan kacamata hitam seperti ditunjukkan gambar 25 ?



Gambar 25. Sumber: <https://fotoibay.com/>

Mampukah kalian membedakan intensitas atau tingkat kecerahan cahaya sebelum dan sesudah menggunakan kacamata? Ketika menggunakan kacamata, mata akan mendapatkan cahaya di sekeliling menjadi lebih redup. Kenyataan tersebut terjadi karena cahaya yang mengenai mata telah terpolarisasi oleh kacamata hitam yang dipakai.

Polarisasi yaitu fenomena terserapnya sebagian atau seluruh arah getar gelombang. Berbeda dengan interferensi dan difraksi yang dapat terjadi baik pada gelombang transversal maupun longitudinal, polarisasi hanya timbul pada gelombang transversal.

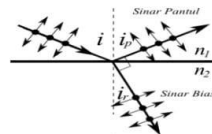
A. Polarisasi Karena Refleksi

Pemantulan akan menghasilkan cahaya terpolarisasi jika sinar pantul dan sinar biasnya membentuk sudut 90° . Arah getar sinar pantul yang terpolarisasi akan sejajar dengan bidang pantul. Oleh karena itu sinar pantul tegak lurus sinar bias, berlaku $i_p + r = 90^\circ$. Dengan demikian, berlaku persamaan berikut

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i_p}{\sin r} = \frac{\sin i_p}{\sin (90^\circ - i_p)} = \frac{\sin i_p}{\cos i_p} = \tan i_p$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \tan i_p$$

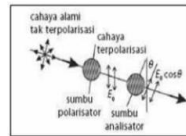
Dengan n_2 adalah indeks bias medium tempat cahaya datang n_1 adalah medium tempat cahaya terbiaskan, sedangkan i_p adalah sudut pantul yang merupakan sudut terpolarisasi.



Gambar 26

B. Polarisasi Karena Absorpsi Selektif

Polarisasi jenis ini dapat timbul dengan bantuan kristal polaroid. Bahan polaroid memiliki karakteristik meneruskan cahaya dengan arah getar tertentu dan menyerap cahaya dengan arah getar yang lain. Cahaya yang diteruskan adalah cahaya yang arah getarnya sejajar dengan sumbu polarisasi pola.



Gambar 27

Pada gambar 27 terdapat dua polaroid, pertama dimana disebut polarisator dan polaroid kedua dinamakan analisator dengan sumbu transmisi membentuk sudut θ . Seberkas cahaya alami menuju ke polarisator. Di sini cahaya dipolarisasi secara vertikal yaitu hanya komponen medan listrik E yang sejajar sumbu transmisi. Selanjutnya cahaya terpolarisasi menuju analisator. Di analisator, semua komponen E yang tegak lurus sumbu transmisi analisator diserap, hanya komponen E yang sejajar sumbu analisator diteruskan. Sehingga kuat medan listrik yang diteruskan analisator menjadi

$$E_2 = E \cos \theta$$

Jika cahaya alami tidak terpolarisasi yang jatuh pada polaroid pertama (polarisator) memiliki intensitas I_0 , maka cahaya terpolarisasi yang melewati polarisator adalah:

$$I_1 = \frac{1}{2} I_0$$

Cahaya dengan intensitas I_1 ini kemudian menuju analisator dan akan keluar dengan intensitas menjadi:

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \theta$$

C. Polarisasi Karena Hamburan

Warna biru langit merupakan contoh penerapan hamburan cahaya yang selalu bisa kita amati setiap hari.

Gambar 28. Sumber : <https://www.fotohawa.com/>

Jika cahaya merambat pada suatu medium, partikel-partikel medium akan menyerap dan memancarkan kembali sebagian cahaya itu. Penyerapan dan pemancaran kembali cahaya oleh partikel-partikel medium ini dikenal sebagai fenomena hamburan. Pada fenomena ini, cahaya yang panjang gelombangnya lebih pendek cenderung mengalami hamburan dengan intensitas yang besar.

Cahaya biru memiliki panjang gelombang lebih pendek daripada cahaya merah, maka cahaya itulah yang lebih banyak dihamburkan dan warna itulah yang sampai ke mata.

Contoh Soal

Dalam percobaan difraksi sebuah celah lebarnya 1 mm disinari oleh cahaya monokromatik. Sebuah layar diletakkan sejauh 2 m di belakang celah. Pita gelap ke-dua berjarak 0,96 mm dari terang pusat. Berapakah panjang gelombang yang digunakan dalam percobaan tersebut ?

Diketahui :

$$d = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$p = 0,96 \text{ mm} = 9,6 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$m = 2$$

Ditanya : λ ... ?

Jawab :

$$d \frac{p}{L} = m \lambda$$

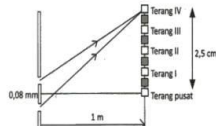
$$\frac{10^{-3} \cdot 9,6 \cdot 10^{-4}}{2} = 2 \lambda$$

$$\lambda = 2,4 \times 10^{-7} \text{ m}$$

C. Latihan Soal

Ketentuan mengerjakan soal :

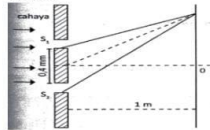
- Baca soal dengan teliti dan seksama
 - Pilih jawaban yang paling tepat
 - Jawab soal pada lembar yang telah disediakan
1. Pada suatu percobaan interferensi celah ganda dihasilkan data seperti gambar dibawah.



Maka nilai panjang gelombang yang digunakan adalah ...

- a. $4,0 \times 10^{-4}$ mm
- b. $4,5 \times 10^{-4}$ mm
- c. $5,0 \times 10^{-4}$ mm
- d. $6,0 \times 10^{-4}$ mm
- e. $7,5 \times 10^{-4}$ mm

2. Gambar berikut merupakan percobaan interferensi pada celah ganda. Jika garis terang kedua dari pusat interferensi 3 mm maka panjang gelombang cahaya yang digunakan adalah....



- a. 6×10^{-7} m
 - b. 8×10^{-7} m
 - c. 18×10^{-7} m
 - d. 20×10^{-7} m
 - e. 34×10^{-7} m
3. Pada percobaan Young digunakan celah ganda yang terpisah pada jarak 0,063 mm sedangkan pola gelap terangnya diamati pada layar yang berjarak 4 m dibelakang celah. Jika pada percobaan tersebut digunakan cahaya laser dengan panjang gelombang 630 nm maka jarak antara pola gelap pertama di sebelah kanan dan kiri adalah...
- a. 2 cm
 - b. 4 cm
 - c. 8 cm
 - d. 10 cm
 - e. 12 cm
4. Jika suatu cahaya putih dilewatkan suatu kisi difraksi maka warna cahaya yang mengalami deviasi paling dekat terhadap bayangan pusat adalah...
- a. Jingga
 - b. Merah
 - c. Kuning
 - d. Hijau
 - e. Biru
5. Cahaya yang tidak terpolarisasi dapat dijadikan cahaya terpolarisasi melalui
- (1) Pemantulan
 - (2) Pembiasan ganda
 - (3) Absorpsi selektif
 - (4) Interferensi
- Manakah yang tepat dari pernyataan di atas yang tepat ?
- a. 1, 2, 3

- b. 1 dan 3
- c. 2 dan 4
- d. 4 saja
- e. E. 1, 2, 3, 4

D. Penilaian diri

Bagaimana kemampuan kalian sekarang? Mari cek kemampuan diri kalian dengan mengisi tabel berikut! Berilah tanda checklist (✓) pada kolom yang sesuai dengan kalian!

No	Pertanyaan	YA	TIDAK
1.	Saya dapat memahami konsep difraksi cahaya		
2.	Saya dapat memahami konsep interferensi cahaya		
3.	Saya dapat memahami konsep polarisasi cahaya		

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak". Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

Daftar Pustaka

- Giancoli, D.C. 2005. *Physics*. New York : Prentice Hall. Inc
- Ishaq, Mohammad. 2007. *Fisika Dasar*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Kangenan, Marthen. 2016. *Fisika untuk SMA Kelas XII*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Permana, Iwan. 2010. *Optik*. Bogor : CV Duta Grafika.
- Resnick, Halliday and Walker. 2009. *Fundamental of physics 6th edition* : John Wiley & Son.

Lampiran 2

Lembar Angket Validasi Ahli Materi

Lembar Uji Validator Ahli Materi

Nama : Irman Sand Prastyo, M.Sc
 NIP : 193112282019031009
 Instansi : UIN Walisongo Semarang
 Tanggal : 17 Februari 2023

Petunjuk Pengisian :

- Isilah biodata anda sebagai validator terlebih dahulu dengan benar
- Isilah lembar penilaian ini secara objektif berdasarkan dengan rubrik uji validitas tes pemahaman konsep menggunakan E-LKPD teintegrasi AR
- Cukup berikan tanda checklist salah satu dari lima jenis penilaian yang bapak/ibu validator anggap sesuai
- Angka-angka yang terdapat pada kolom yang dimaksud berarti :
 - 1 = Buruk Sekali
 - 2 = Buruk
 - 3 = Sedang
 - 4 = Baik
 - 5 = Baik Sekali
- Berilah kesimpulan terhadap validasi setelah melakukan penilaian pada bagian akhir lembar uji validitas

No	Aspek	Nilai Pengamatan				
		1	2	3	4	5
A. Kelayakan Isi						
1.	Relevansi materi dalam E-LKPD dengan KD					✓
2.	Keakuratan konsep dan definisi yang disajikan dalam E-LKPD				✓	
3.	Materi yang disajikan dalam E-LKPD terstruktur				✓	
4.	Materi yang disajikan dalam E-LKPD sesuai dengan kemampuan peserta didik					✓
5.	Kejelasan materi yang disajikan dalam LKPD				✓	
B. Kelayakan Penyajian						
6.	Keruntunan konsep dalam E-LKPD				✓	
7.	Keteraturan antar kegiatan belajar					✓
8.	Keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran					✓

9.	Kejelasan latihan soal pada materi				✓	
10	Ketepatan jawaban pada contoh latihan soal pada materi					✓
C. Kelayakan Bahasa						
11	Ketepatan dan keefektifan kalimat yang digunakan				✓	
12	Kalimat pada E-LKPD tidak menimbulkan makna ganda				✓	
13	Isi E-LKPD mampu memotivasi peserta didik				✓	
14	Bahasa yang digunakan sesuai				✓	
15	Ketepatan ejaan yang digunakan				✓	

Kesimpulan terhadap validasi :

1. Dapat digunakan tanpa revisi
2. Dapat digunakan dengan sedikit revisi
3. Dapat digunakan dengan banyak revisi
4. Tidak dapat digunakan

Catatan :

- Perlu penambahan beberapa definisi
- Beberapa notasi besaran belum konsisten.
- Perlu dibuat konsisten agar tidak menimbulkan ambiguitas.

Validator

Irman Sidi Prastyo, M.Sc.
NIP 199112282010031009

Lembar Uji Validator Ahli Materi

Nama : Istikomah, M.Sc.
 NIP : 19900262019032021
 Instansi : UIN Walisongo
 Tanggal : 21 Februari 2023

Petunjuk Pengisian :

- Isilah biodata anda sebagai validator terlebih dahulu dengan benar
- Isilah lembar penilaian ini secara objektif berdasarkan dengan rubrik uji validitas tes pemahaman konsep menggunakan E-LKPD teintegrasi AR
- Cukup berikan tanda checklist salah satu dari lima jenis penilaian yang bapak/ibu validator anggap sesuai
- Angka-angka yang terdapat pada kolom yang dimaksud berarti :
 - 1 = Buruk Sekali
 - 2 = Buruk
 - 3 = Sedang
 - 4 = Baik
 - 5 = Baik Sekali
- Berilah kesimpulan terhadap validasi setelah melakukan penilaian pada bagian akhir lembar uji validitas

No	Aspek	Nilai Pengamatan				
		1	2	3	4	5
A. Kelayakan Isi						
1.	Relevansi materi dalam E-LKPD dengan KD			✓		
2.	Keakuratan konsep dan definisi yang disajikan dalam E-LKPD				✓	
3.	Materi yang disajikan dalam E-LKPD terstruktur			✓		
4.	Materi yang disajikan dalam E-LKPD sesuai dengan kemampuan peserta didik					✓
5.	Kejelasan materi yang disajikan dalam LKPD				✓	
B. Kelayakan Penyajian						
6.	Keruntunan konsep dalam E-LKPD			✓		
7.	Keteraturan antar kegiatan belajar				✓	
8.	Keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran				✓	

9.	Kejelasan latihan soal pada materi			✓	✗	
10	Ketepatan jawaban pada contoh latihan soal pada materi			✓	✗	
C. Kelayakan Bahasa						
11	Ketepatan dan keefektifan kalimat yang digunakan			✓		
12	Kalimat pada E-LKPD tidak menimbulkan makna ganda			✓		
13	Isi E-LKPD mampu memotivasi peserta didik					✓
14	Bahasa yang digunakan sesuai				✓	
15	Ketepatan ejaan yang digunakan				✓	

Kesimpulan terhadap validasi :

1. Dapat digunakan tanpa revisi
2. Dapat digunakan dengan sedikit revisi
3. Dapat digunakan dengan banyak revisi
4. Tidak dapat digunakan

Catatan :

1. Cover : tambahkan judul ke-LKPD berbasis AR, tambahkan jepang kecilah, ganti gambar yang mewakili materi gelombang bunyi dan elektromagnetik
2. Glombang : Istilah-istilah penting diuraikan berdasarkan tingkat materi, tambahkan beberapa istilah seperti gelombang, gelombang elektromagnetik, gelombang transverse.
3. Peta konsep: Perin peta konsep. Diagram yang segaris horizontal yang setara.
Contoh revisi silampiran.
4. Pembetulan: Pada petunjuk penggunaan, seharusnya ada bahasa bagaimana cara menggunakan buku ke-LKPD ini berbasis AR. Contohnya beri kata-kata menginstal assembl-edu ke laptop. Validator tidak ada kunci jawaban di eLkpd.
5. Uraian Materi:
 - a. Semua gambar harus diberi judul gambar, ^{istilahnya} ^{10/10/2019/2021} ditulis di atas gambar dan deskripsikan fokus.
 - b. semua persamaan harus diberi nomor persamaan, ditulis dengan simbol yang konsisten.
 - c. Penulisan persamaan harus menggunakan equation, ditulis dengan simbol yang konsisten.
 - d. Setiap contoh soal diberi pembatas agar tidak tercampur dengan materi

Lembar Validasi Ahli Media

Lembar Uji Validator Ahli Media

Nama : *Irman Said Prastyo, M.Sc.*

NIP : *199112282019031009*

Instansi : *UIN Walisongo Semarang*

Tanggal : *17 Februari 2023*

Petunjuk Pengisian :

- Isilah biodata anda sebagai validator terlebih dahulu dengan benar
- Isilah lembar penilaian ini secara objektif berdasarkan dengan rubrik uji validitas tes pemahaman konsep menggunakan E-LKPD teintegrasi AR
- Cukup berikan tanda checklist salah satu dari lima jenis penilaian yang bapak/ibu validator anggap sesuai
- Angka-angka yang terdapat pada kolom yang dimaksud berarti :
 - 1 = Buruk Sekali
 - 2 = Buruk
 - 3 = Sedang
 - 4 = Baik
 - 5 = Baik Sekali
- Berilah kesimpulan terhadap validasi setelah melakukan penilaian pada bagian akhir lembar uji validitas

No	Aspek	Nilai Pengamatan				
		1	2	3	4	5
A. Rekayasa Perangkat Lunak						
1.	Aplikasi Augmented Reality dapat merespon dengan cepat				✓	
2.	Aplikasi Augmented Reality dapat menunjang pembelajaran				✓	
3.	Kemudahan penggunaan aplikasi sebagai pendukung pembelajaran				✓	
4.	Ketepatan pemilihan jenis software untuk pengembangan				✓	
5.	Penginstalan yang cepat					✓
B. Augmented Reality						
6.	Kemampuan pengguna untuk berinteraksi dengan augmented reality				✓	
7.	Kreatif dalam penuangan ide gagasan				✓	
8.	Representasi model animasi dengan objek sebenarnya				✓	

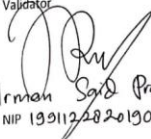
9.	Tampilan model animasi dapat terlihat dari beberapa sudut pandang					✓
10.	Petunjuk penggunaan dapat dipahami					✓
C. Desain E-LKPD						
11.	Sebagai pelengkap dan bahan bantuan pembelajaran					✓
12.	Bahasa yang digunakan sesuai dengan pesan dan dapat diterima				✓	
13.	Tampilan sampul E-LKPD menarik				✓	
14.	Bentuk format tulisan LKPD mudah dibaca				✓	
15.	Tata letak E-LKPD tersusun rapi				✓	

Kesimpulan terhadap validasi :

1. Dapat digunakan tanpa revisi
2. Dapat digunakan dengan sedikit revisi
3. Dapat digunakan dengan banyak revisi
4. Tidak dapat digunakan

Catatan : Desain E-LKPD sudah baik tetapi masih kurang rapi

Validator


 Irman Said Prastyo, M.Sc.
 NIP. 199112282019031009

Lembar Uji Validator Ahli Media

Nama : Istikomah, M.sc.

NIP : 196011262019032021

Instansi : UNT Walisongo

Tanggal : 21 Februari 2023

Petunjuk Pengisian :

- Isilah biodata anda sebagai validator terlebih dahulu dengan benar
- Isilah lembar penilaian ini secara objektif berdasarkan dengan rubrik uji validitas tes pemahaman konsep menggunakan E-LKPD teintegrasi AR
- Cukup berikan tanda checklist salah satu dari lima jenis penilaian yang bapak/ibu validator anggap sesuai
- Angka-angka yang terdapat pada kolom yang dimaksud berarti :
 - 1 = Buruk Sekali
 - 2 = Buruk
 - 3 = Sedang
 - 4 = Baik
 - 5 = Baik Sekali
- Berilah kesimpulan terhadap validasi setelah melakukan penilaian pada bagian akhir lembar uji validitas

No	Aspek	Nilai Pengamatan				
		1	2	3	4	5
A. Rekayasa Perangkat Lunak						
1.	Aplikasi Augmented Reality dapat merespon dengan cepat				✓	
2.	Aplikasi Augmented Reality dapat menunjang pembelajaran					✓
3.	Kemudahan penggunaan aplikasi sebagai pendukung pembelajaran			✓		
4.	Ketepatan pemilihan jenis software untuk pengembangan			✓		
5.	Penginstalan yang cepat				✓	
B. Augemented Reality						
6.	Kemampuan pengguna untuk berinteraksi dengan augmented reality			✓		
7.	Kreatif dalam penuangan ide gagasan					✓
8.	Representasi model animasi dengan objek sebenarnya			✓		

9.	Tampilan model animasi dapat terlihat dari beberapa sudut pandang				✓	
10.	Petunjuk penggunaan dapat dipahami		✓			
C. Desain E-LKPD						
11.	Sebagai pelengkap dan bahan bantuan pembelajaran				✓	
12.	Bahasa yang digunakan sesuai dengan pesan dan dapat diterima			✓		
13.	Tampilan sampul E-LKPD menarik			✓		
14.	Bentuk format tulisan LKPD mudah dibaca				✓	
15.	Tata letak E-LKPD tersusun rapi				✓	


Kesimpulan terhadap validasi :

1. Dapat digunakan tanpa revisi
2. Dapat digunakan dengan sedikit revisi
3. Dapat digunakan dengan banyak revisi
4. Tidak dapat digunakan

Catatan :

1. Tidak ada instruksi cara penginstalan aplikasi AR atau aplikasi yang bisa diinstall di dalam E-LKPD yang dibuat, jadi mohon ditambahkan.
2. AR hanya ada pada satu materi dibatasi perspektif, sebaiknya dimunculkan untuk setiap materi.
3. Pada App mengalami masalah AR:
 - a. Gambar 3D yang muncul tidak ada keterangannya.
 - b. Mohon ditambahkan cahaya bintang, prisma, cahaya suarakan dll.
 - c. Cahaya reflektansi tidak bisa masuk ke prisma, hanya ujungnya saja. Sebaiknya gunakan petas ke prisma.
 - d. Tambahkan hasil pengamatan bahan lain.
 - e. Bisa bisa ditambahkan audio suaranya atau lebih baik.

Validator,


 NIP. 95012220032021

4. Desain E-LKPD

- a. Cover: Ganti gambar yang mewakili materi, tambahkan beranda AR, tambahkan tingkat/jenjang sekolah.
- b. Background: ganti yang lebih mewakili materi dan tidak mengganggu tulisan footer dan halaman.
- c. Format E-LKPD: Setiap sub materi harus ada pembatas garis miring.

Lampiran 3

Analisis Ahli Media

Dosen Ahli	Σ	Rata-rata	Persentase	Kategori
Irman Said Prasetyo, M.Sc	64	4,26	85,2%	Sangat Layak
Istiqomah. M.Sc	54	3,6	72%	Layak
Total	118	3,93	78,6%	Layak

Analisis Ahli Materi

Dosen Ahli	Σ	Rata-rata	Persentase	Kategori
Irman Said Prasetyo, M.Sc	65	4,33	86,6%	Sangat Layak
Istiqomah. M.Sc	55	3,66	73,2%	Layak
Total	120	3,99	80%	Layak

Lampiran 4

Angket Respon Peserta Didik

Lembar Angket Respon Peserta Didik

Nama : Bayu Ariyanto

Absen : 3

Instansi : SMA N 8 Semarang

Tanggal : 6 April 2023

Petunjuk Pengisian :

- Isilah biodata anda sebagai validator terlebih dahulu dengan benar
- Isilah lembar penilaian ini secara objektif berdasarkan dengan rubrik uji validitas tes pemahaman konsep menggunakan E-LKPD terintegrasi AR
- Cukup berikan tanda checklist salah satu dari lima jenis penilaian yang bapak/ibu validator anggap sesuai
- Angka-angka yang terdapat pada kolom yang dimaksud berarti :
 - 1 = Buruk Sekali
 - 2 = Buruk
 - 3 = Sedang
 - 4 = Baik
 - 5 = Baik Sekali

No	Aspek	Nilai Pengamatan				
		1	2	3	4	5
A. Materi						
1	Adanya E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> dapat meningkatkan kemampuan HOTS saya				✓	
2	Penggunaan E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> memudahkan memahami materi				✓	
3	Penyampaian materi dalam E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> berkaitan dengan kegiatan sehari-hari				✓	
4	Materi yang disampaikan dalam E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> mudah dimengerti				✓	
5	Terdapat ilustrasi dalam E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> yang membantu memahami materi					✓
6	Ilustrasi dalam E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> sesuai dengan isi materi					✓
B. Ketertarikan						
7	Tampilan E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> menarik					
8	E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> mudah digunakan				✓	
9	Penggunaan E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> membuat belajar tidak membosankan				✓	

10	E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> memberikan waktu untuk memahami materi sesuai kecepatan belajar				✓	
11	E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> merangsang untuk berdiskusi			✓		
12	E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> meningkatkan rasa ingin tahu pada materi yang disampaikan				✓	
C. Bahasa						
13	Format penggunaan huruf sudah sesuai					✓
14	Bahasa yang digunakan sederhana dan mudah dipahami				✓	
15	Kalimat yang digunakan komunikatif				✓	

Lembar Angket Respon Peserta Didik

Nama : Nabila Dwi Amalina

Absen : 22

Instansi : SMAN 8 Semarang

Tanggal : 6 April 2023

Petunjuk Pengisian :

- Isilah biodata anda sebagai validator terlebih dahulu dengan benar
- Isilah lembar penilaian ini secara objektif berdasarkan dengan rubrik uji validitas tes pemahaman konsep menggunakan E-LKPD terintegrasi AR
- Cukup berikan tanda checklist salah satu dari lima jenis penilaian yang bapak/ibu validator anggap sesuai
- Angka-angka yang terdapat pada kolom yang dimaksud berarti :
 - 1 = Buruk Sekali
 - 2 = Buruk
 - 3 = Sedang
 - 4 = Baik
 - 5 = Baik Sekali

No	Aspek	Nilai Pengamatan				
		1	2	3	4	5
A. Materi						
1	Adanya E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> dapat meningkatkan kemampuan HOTS saya			✓		
2	Penggunaan E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> memudahkan memahami materi				✓	
3	Penyampaian materi dalam E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> berkaitan dengan kegiatan sehari-hari				✓	
4	Materi yang disampaikan dalam E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> mudah dimengerti				✓	
5	Terdapat ilustrasi dalam E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> yang membantu memahami materi				✓	
6	Ilustrasi dalam E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> sesuai dengan isi materi					✓
B. Ketertarikan						
7	Tampilan E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> menarik				✓	
8	E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> mudah digunakan				✓	
9	Penggunaan E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> membuat belajar tidak membosankan				✓	

10	E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> memberikan waktu untuk memahami materi sesuai kecepatan belajar				✓	
11	E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> merangsang untuk berdiskusi			✓		
12	E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> meningkatkan rasa ingin tahu pada materi yang disampaikan				✓	
C. Bahasa						
13	Format penggunaan huruf sudah sesuai				✓	
14	Bahasa yang digunakan sederhana dan mudah dipahami				✓	
15	Kalimat yang digunakan komunikatif				✓	

Lembar Angket Respon Peserta Didik

Nama Sania Wahyu T.
 Absen 33
 Instansi SMAN 8 SEMARANG
 Tanggal 6 April 2023

Petunjuk Pengisian

- Isilah biodata anda sebagai validator terlebih dahulu dengan benar
- Isilah lembar penilaian ini secara objektif berdasarkan dengan rubrik uji validitas tes pemahaman konsep menggunakan E-LKPD terintegrasi AR
- Cukup berikan tanda checklist salah satu dari lima jenis penilaian yang bapak/ibu validator anggap sesuai
- Angka-angka yang terdapat pada kolom yang dimaksud berarti:
 - 1 = Buruk Sekali
 - 2 = Buruk
 - 3 = Sedang
 - 4 = Baik
 - 5 = Baik Sekali

No	Aspek	Nilai Pengamatan				
		1	2	3	4	5
A. Materi						
1	Adanya E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> dapat meningkatkan kemampuan HOTS saya				✓	
2	Penggunaan E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> memudahkan memahami materi					✓
3	Penyampaian materi dalam E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> berkaitan dengan kegiatan sehari-hari				✓	
4	Materi yang disampaikan dalam E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> mudah dimengerti				✓	
5	Terdapat ilustrasi dalam E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> yang membantu memahami materi				✓	
6	Ilustrasi dalam E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> sesuai dengan isi materi				✓	
B. Ketertarikan						
7	Tampilan E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> menarik				✓	
8	E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> mudah digunakan				✓	
9	Penggunaan E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> membuat belajar tidak membosankan					✓

10	E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> memberikan waktu untuk memahami materi sesuai kecepatan belajar			✓		
11	E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> merangsang untuk berdiskusi				✓	
12	E-LKPD terintegrasi <i>augmented reality</i> meningkatkan rasa ingin tahu pada materi yang disampaikan					✓
C Bahasa						
13	Format penggunaan huruf sudah sesuai				✓	
14	Bahasa yang digunakan sederhana dan mudah dipahami				✓	
15	Kalimat yang digunakan komunikatif				✓	

Analisis Angket Respon Siswa

No	Nama	Total Skor	Rata-rata	Kategori
1	Adearli Frizzylia	57	3,80	Baik
2	Adinda Catya Aulia	55	3,66	Baik
3	Afreza Alfianda Rizki	60	4,00	Baik
4	Ahmad Rafiq Ulil A	53	3,53	Baik
5	Ahmat Ramadani	66	4,4	Sangat Baik
6	Alaysha Aileen L	59	3,93	Baik
7	Arya Meinata Afrizal	59	3,93	Baik
8	Azlia Neda Ardelia A	65	4,33	Sangat Baik
9	Bayu Ariyanto	58	3,86	Baik
10	Cindy Wahyu Puspita	54	3,60	Baik
11	Devi Rizkiana K	62	4,13	Baik
12	Dewi Putri Handayani	67	4,46	Sangat Baik
13	Ekka Nur Safitri	55	3,66	Baik
14	Gebytha Argunda	66	4,4	Sangat Baik
15	Herlina Putri P	58	3,86	Baik
16	Karlina Dwi Nur C	63	4,20	Baik

17	Keterina Lutvia S	60	4,00	Baik
18	Leona Raissa	54	3,60	Baik
19	Muhammad Afuw D	65	4,33	Sangat Baik
20	Muhammad Irsyad	59	3,93	Baik
21	Muhammad Maftlif	57	3,8	Baik
22	Nabila Dwi Amalina	56	3,73	Baik
23	Naila Rahma Azalia	61	4,06	Baik
24	Najwa Handaria S	67	4,46	Sangat Baik
25	Nzifa Fitri Maulidina	52	3,46	Baik
26	Nirmala Nur Azizah	58	3,86	Baik
27	Nur Wahyu Viviana	60	4,00	Baik
28	Panji Lhayana Zikri	66	4,4	Sangat Baik
29	Reno Rizky Aditya	54	3,6	Baik
30	Ricko Arief Wibowo	64	4,26	Sangat Baik
31	Sabrina Putri Dea A	55	3,66	Baik
32	Sakti Maulana M	62	4,13	Baik
33	Sania Wahyu T	62	4,13	Baik
34	Satria Rahmat Pratama	58	3,86	Baik
35	Yusril Daffa M	66	4,4	Sangat Baik

36	Zakky Hanif Alfaiz	52	3,46	Baik
Total		2145	3,97	Baik

Lampiran 5

Angket Validasi Instrumen Tes

Lembar Uji Validator Instrumen Tes

Nama : Irman Said Prashyo, M.Sc.

NIP : 199112282019031003

Instansi : UIN Walisongo Semarang

Tanggal : 8 Maret 2023

Petunjuk Pengisian :

- Isilah biodata anda sebagai validator terlebih dahulu dengan benar
- Isilah lembar penilaian ini secara objektif berdasarkan dengan rubrik uji validitas tes pemahaman konsep menggunakan E-LRPD teintegrasi AR
- Cukup berikan tanda checklist salah satu dari lima jenis penilaian yang bapak/ibu validator anggap sesuai
- Angka-angka yang terdapat pada kolom yang dimaksud berarti :
 - Buruk Sekali
 - Buruk
 - Sedang
 - Baik
 - Baik Sekali
- Berilah kesimpulan terhadap batidasi setelah melakukan penilaian pada bagian akhir lembar uji validitas

No	Apek yang diamati	Nilai Pengamatan				
		1	2	3	4	5
A. Materi						
1	Soal sesuai dengan indikator dalam kisi-kisi penyusunan soal				✓	
2	Indikator yang diujikan telah ditentukan sesuai dengan ruang lingkup yang diukur				✓	
B. Kontruksi						
3	Pokok soal dirumuskan dengan singkat, jelas, dan sopan				✓	
4	Gambar pada soal jelas dan mudah dipahami				✓	
5	Hanya satu jawaban yang benar					✓
6	Butir soal tidak bergantung pada jawaban soal sebelumnya					✓
C. Bahasa						
7	Menerapkan Bahasa yang sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia					✓
8	Menggunakan Bahasa yang komunikatif				✓	
9	Rumusan pokok soal tidak mengandung ungkapan yang bermakna tidak pasti					✓
10	Tidak menggunakan bahasa tabu					✓

Kesimpulan terhadap validasi :

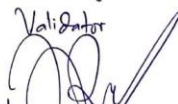
1. Dapat digunakan tanpa revisi
2. Dapat digunakan dengan sedikit revisi
3. Dapat digunakan dengan banyak revisi
4. Tidak dapat digunakan

Catatan :

- Tambahkan klasifikasi aspek kognitif, belum terdapat/sema dengan taksonomi Bloom
- Penulisan kompleks dasar (KD), kompleks inti (KI), indikator pencapaian dan indikator soal belum lengkap
- Terdapat kebalahan dalam penulisan satuan dalam soal. Sebagian menggunakan bahasa Inggris.

Semarang, 8 Maret 2023

Validator



Irman Amir Prastyo, M.Sc.

NIP. 199112282019031009

Lembar Uji Validator Instrumen Tes

Nama : Istikomah, M.Sc.

NIP : 199011262019032021

Instansi : UIN Walisongo

Tanggal : 15 Maret 2023

Petunjuk Pengisian :

- Isilah biodata anda sebagai validator terlebih dahulu dengan benar
- Isilah lembar penilaian ini secara objektif berdasarkan dengan rubrik uji validitas tes pemahaman konsep menggunakan E-LKPD teintegrasi AR
- Cukup berikan tanda checklist salah satu dari lima jenis penilaian yang bapak/ibu validator anggap sesuai
- Angka-angka yang terdapat pada kolom yang dimaksud berarti :
 - 1 = Buruk Sekali
 - 2 = Buruk
 - 3 = Sedang
 - 4 = Baik
 - 5 = Baik Sekali
- Berilah kesimpulan terhadap balidasi setelah melakukan penilaian pada bagian akhir lembar uji validitas

No	Apek yang diamati	Nilai Pengamatan				
		1	2	3	4	5
A. Materi						
1	Soal sesuai dengan indikator dalam kisi-kisi penyusunan soal			✓		
2	Indikator yang diujikan telah ditentukan sesuai dengan ruang lingkup yang diukur					✓
B. Kontruksi						
3	Pokok soal dirumuskan dengan singkat, jelas, dan sopan				✓	
4	Gambar pada soal jelas dan mudah dipahami				✓	
5	Hanya satu jawaban yang benar					✓
6	Butir soal tidak bergantung pada jawaban soal sebelumnya				✓	
C. Bahasa						
7	Menerapkan Bahasa yang sesuai dengan kaidah Bahasa Indonesia				✓	
8	Menggunakan Bahasa yang komunikatif				✓	
9	Rumusan pokok soal tidak mengandung ungkapan yang bermakna tidak pasti			✓		
10	Tidak menggunakan bahasa tabu					✓

Kesimpulan terhadap validasi :

1. Dapat digunakan tanpa revisi
2. Dapat digunakan dengan sedikit revisi
3. Dapat digunakan dengan banyak revisi
4. Tidak dapat digunakan

Catatan :

1. Banyak soal yang tidak sesuai indikator seperti soal 1, 7, 11, 13, 19, 27, 32
 2. Terdapat soal yang kalimatnya ambigu sehingga perlu direvisi seperti 6, 8, 39
 3. Terdapat soal yang pengyatakannya tidak sinkron dengan jawabanannya
misalnya nomor 36, 4
 4. Terdapat soal yang tidak ada jawaban / salah jawaban : 2
 5. Untuk soal-soal yang tidak sesuai indikator dapat dimatikan
dengan menaruhkan gambar dan tabel
6. Catatan lebih lengkap terdapat pada lampiran.



 Lestironah, M.Sc.

Analisis Angket Validasi Instrumen Tes

Dosen Ahli	Σ	Rata-rata	Kategori
Irman Said Prasetyo, M.Sc	45	4,50	Sangat Layak
Istikomah, M.Sc	40	4,00	Layak
Total	85	4,25	Sangat Layak

Lampiran 6

Lembar Soal Test

Nama :

Absen :

Kelas :

Panduan Menjawab Soal :

- Baca dan pahami soal dengan seksama
- Tulis jawaban yang dipilih pada lembar yang telah disediakan
- Kumpulkan lembar jawab setelah selesai mengerjakan

1. Rudi mempunyai suatu peluit dan akan ditiup pada sebuah lapangan. Ketika di lapangan Rudi meniup peluit tersebut dan diketahui bahwa panjang gelombang suara peluit tersebut adalah 5 meter. Jika cepat rambat bunyi udara di sekitar lapangan sebesar 340m/s, maka dapat disimpulkan bahwa frekuensi gelombang bunyi pada peluit sebesar....
- a. 68 Hz
 - b. 0,014 Hz
 - c. 1700 Hz
 - d. 6,8 Hz
 - e. 0,147 Hz

2. Perhatikan tabel berikut ini

No	Gejala gelombang bunyi	Contoh Peristiwa
1	Pembiasan	Seseorang dapat mendengar suara dari ruangan di sebelahnya
2	Interferensi	Suara terdengar keras pada malam hari dibanding siang hari
3	Difraksi	Gitar akustik yang di dalamnya terdapat lubang tabung
4	Pemanjulan	Terjadinya gung dan gema ketika berada di goa
5	Efek Doppler	Suara sirene ambulance yang samar ketika jaraknya jauh

Berdasarkan tabel diatas contoh gejala gelombang bunyi dan peristiwa yang sesuai adalah....

- a. 1 dan 2
 - b. 2 dan 3
 - c. 3 dan 4
 - d. 4 dan 5
 - e. 1 dan 5
3. Pagi tadi Amir mencuci sepeda motornya yang kotor akibat hujan kemarin menggunakan campuran air dan sabun. Ketika selesai mencuci motor, ternyata air sabun tersebut masih tersisa, alhasil Amir membuat gelembung sabun menggunakan air sabun tersebut. Ketika gelembung sabun tersebut berterbangan, terlihat ada beberapa warna seperti pelangi yang berada pada gelembung sabun tersebut. Hal tersebut dapat terjadi karena salah satu gejala gelombang cahaya adalah....
- a. Resonansi
 - b. Refraksi
 - c. Difraksi
 - d. Polarsasi
 - e. Interferensi
4. Rina memiliki sebuah seruling cantik pemberian dari ayahnya. Seruling tersebut mempunyai panjang 30 cm. Jika cepat rambat bunyi di udara pada saat itu adalah 300 m/s, maka berapa frekuensi nada atas kedua yang dihasilkan seruling tersebut....
- a. 3000 Hz
 - b. 300 Hz

- c. 30 Hz
d. 3 Hz
5. Sebuah kereta dari Kota Alabasta bergerak dengan kecepatan 108 km/jam menuju Kota Water Seven. Beberapa detik sebelum berhenti, seorang masinis membunyikan peluit sebagai penanda bahwa kereta akan berhenti dengan frekuensi 930 Hz. Berdasarkan hal tersebut, maka frekuensi yang didengar oleh orang-orang di stasiun Kota Water Seven sebesar...
- a. 1000 Hz
b. 1010 Hz
c. 1020 Hz
d. 1030 Hz
e. 1040 Hz
6. Sebuah kapal milik TNI AL menggapung pada permukaan laut dan menemukan sebuah benda mencurigakan didalam laut. Untuk memastikan apakah benda tersebut berbahaya atau tidak, kapal TNI AL memancarkan sonar ke dalam laut. Apabila benda tersebut berada dibawah laut sejauh 4320 m, maka berapa cepat rambat bunyi sonar yang dibutuhkan agar sampai pada kapal TNI AL dengan waktu 3 detik ?
- a. 1440 m/s
b. 0,00069 m/s
c. 12960 m/s
d. 144,0 m/s
e. 12,960 m/s
7. Kemarin Minggu Rika sedang membersihkan kamarnya. Rika menggunakan alat penghisap debu. Alat tersebut menghasilkan intensitas bunyi sebesar $1 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$. Jika batas intensitas yang disarankan WHO (World Health Organization) adalah 55 dB. Maka pernyataan berikut yang sesuai adalah ..
- a. Rika harus menggunakan penutup telinga, karena intensitas bunyi yang dihasilkan alat penghisap debu melebihi batas intensitas yang disarankan WHO.
b. Alat pembersih debu tersebut menghasilkan intensitas bunyi sebesar 100 dB
c. Rika tidak perlu menggunakan penutup telinga, karena intensitas bunyi yang dihasilkan alat penghisap debu masih dibawah batas intensitas yang disarankan WHO
d. Alat pembersih debu tersebut menghasilkan intensitas bunyi sebesar 45 dB
e. Tidak ada pernyataan yang sesuai
8. Kapal Republik Indonesia (KRI) Bima Ruci sedang melakukan tugas pencarian benda yang tenggelam dengan memancarkan gelombang sonar dengan kecepatan rambat sebesar 1400 m/s. Setelah 2 detik gelombang sonar tersebut tertangkap detector yang berada pada kapal. Berdasarkan hal tersebut makabawa kedalaman benda yang tersebut adalah
- a. 700 meter
b. 2800 meter
c. 350 meter
d. 5600 meter
e. 1400 meter
9. Doni memiliki sebuah gitar yang diberikan oleh ibunya. Pada saat ingin memainkan gitar tersebut, senar pada gitar tersebut putus karena Doni memetiknya terlalu kencang. Hal tersebut membuat Doni membeli senar yang baru dan memiliki spesifikasi yang sama dengan senar yang putus tersebut. Jika senar tersebut memiliki panjang 100 cm dan berat sebesar 1,6 N. Maka berapa cepat rambat bunyi yang terjadi bila Doni memetik senar tersebut dengan tegangan 40 N ?
- a. 640 m/s
b. $4 \times 10^{-8} \text{ m/s}$
c. 50 km/h
d. 50 m/s
e. $4 \times 10^{-8} \text{ km/h}$

10. Berikut merupakan macam-macam gelombang :

- Longitudinal
- Mekanik
- Elektromagnetik
- Transversal
- Berjalan
- Stasioner

Berdasarkan data diatas, arah getar dan rambat gelombang dapat dibagi menjadi dua, yaitu...

- a. Longitudinal dan stasioner
- b. Diam dan transversal
- c. Longitudinal dan elektromagnetik
- d. Transversal dan longitudinal
- e. Mekanik dan berjalan

11. Perhatikan tabel berikut

No	Gejala gelombang
1	Efek Doppler
2	Pembiasan
3	Interferensi
4	Pemantulan
5	Polarisasi

yang bukan gejala pada gelombang mekanik ditunjukkan nomer...

- a. 1 dan 3
- b. 2
- c. 4 dan 5
- d. 3 dan 4
- e. 5

12. Saat Angga berwisata di Goa Kreo, Angga berteriak dan setelah beberapa detik Angga mendengar suaranya kembali. Saat mengetahui hal tersebut, Angga menjadi penasaran dan bertanya kepada ayahnya. Ayah Angga memberi penjelasan bahwa teriakan Angga memantul pada dinding goa. Peristiwa ini disebut pemantulan bunyi. Berikut yang manfaat pemantulan gelombang bunyi adalah ...

- a. Mengukur kecepatan aliran darah
- b. Mendengar suara dari ruangan lain
- c. Mendeteksi minyak bumi
- d. Mendengar suara lebih keras pada saat malam hari

e. Proses homogenisasi susu

13. Dayu keluar rumah untuk menghirup udara segar dan sinar matahari yang cerah. Ketika diluar rumah Dayu melihat pemandangan indah di langit, yaitu pelangi. Dari peristiwa tersebut dapat disimpulkan bahwa penampakan pelangi yang dilihat Dayu merupakan contoh peristiwa....

- a. Dispersi cahaya
- b. Interferensi cahaya
- c. Polarisasi cahaya
- d. Pemantulan cahaya
- e. Penyerapan cahaya

14. Robi dan kelompoknya sedang melakukan percobaan celah ganda di laboratorium. Pada percobaan tersebut, Robi meletakkan sebuah layar yang berjarak 1,5 m dari celah. Panjang gelombang yang dihasilkan adalah 640 nm. Apabila dari percobaan tersebut dihasilkan jarak kedua celah adalah 0,24 mm, maka jarak dua pita terang yang berdekatan adalah...

- a. 4 mm
- b. 4 nm
- c. 4 m
- d. 4 cm
- e. 4 hm

15. Abdul menyinari sebuah celah sempit pada dinding rumahnya menggunakan sebuah senter. Ketika di lihat dari luar oleh Zaki, ternyata cahaya tersebut menembus celah sempit tersebut. Berdasarkan fenomena yang telah disajikan, maka dapat disimpulkan jika gelombang melewati celah sempit akan mengalami...

- a. Polarisasi
- b. Pemantulan
- c. Difraksi
- d. Pembelokan
- e. Penundaan

16. Sebuah cahaya monokromatik menembus dua celah sempit yang memiliki jarak 0,02 cm. Celah tersebut membentuk pola interferensi pada layar

yang terpisah 2 meter. Berapa panjang gelombang yang dihasilkan agar jarak garis terang ke empat dari terang pusat sebesar 10 mm ?

- 250 nm
- 25 nm
- 25 cm
- 0,25 cm
- 2,5 nm

17. Perhatikan pernyataan berikut :

- memperbanyak orde garis terang
- memperbesar jarak antar dua celah
- menjauhkan layar dari celah
- mengganti cahaya yang panjang gelombangnya lebih kecil

Berdasarkan pernyataan diatas, untuk memperkecil jarak dua garis terang yang berdekatan dapat dilakukan dengan cara...

- 1 dan 2
- 2 dan 3
- 3 dan 4
- 1 dan 4
- Hanya 4

18. Sebuah kisi memiliki 12.500 garis/cm. Seberkas sinar monokromatis datang tegak lurus pada kisi. Bila spektrum orde pertama membentuk sudut 30° dengan garis normal pada kisi, maka panjang gelombang sinar tersebut adalah...

- $4 \cdot 10^5$ m
- $4 \cdot 10^{10}$ cm
- $4 \cdot 10^7$ m
- $4 \cdot 10^3$ cm
- $4 \cdot 10^{10}$ mm

19. Putri bangun tidur lantas bercermin. Pada cermin terdapat wajah Putri secara jelas dan nyata. Setelah selesai bercermin, Putri ke dapur untuk mengambil sendok logam dan dia melihat wajahnya pada sendok. Setelah mengambil sendok, Putri ke kamar mandi untuk mandi pagi dan dia melihat wajahnya pada air yang berada di bak

mandi. Berdasarkan kejadian yang dialami oleh Putri, dapat disimpulkan bahwa salah satu sifat gelombang cahaya adalah...

- Interferensi
- Polarisasi
- Difraksi
- Refleksi
- Refraksi

20. Hari ini Mehdi ingin menuju pantai untuk mengisi waktu luang. Ketika sampai pantai, ia merasa silau saat melihat air laut. Untuk mengatasi hal ini, ia mengenakan kacamata khusus yang dilapisi filter sinar cahaya matahari yang akan masuk. Ternyata apa yang dilakukan Mehdi berhasil membuat matanya tidak silau. Gejala yang dialami gelombang cahaya berdasarkan kejadian yang dialami Mehdi adalah...

- Refraksi
- Refleksi
- Difraksi
- Polarisasi
- Resonansi

21. Berikut karakteristik pada gelombang bunyi dan cahaya

- Dapat dipantulkan
- Dapat dibiaskan
- Melalui medium untuk merambat
- Termasuk gelombang elektromagnetik
- Termasuk gelombang mekanik

Berdasarkan pernyataan diatas, persamaan antara gelombang bunyi dan cahaya ditunjukkan oleh nomer...

- 1 dan 2
- 2 dan 3
- 3 dan 4
- 4 dan 5
- 1 dan 5

22. Waktu Hari Minggu kemarin, Linda mendaki Gunung Ungaran yang memiliki ketinggian 2050 meter diatas permukaan laut. Ketika sampai di tempat mendirikan tenda, Linda merasakan kedinginan dan setelah di cek

menggunakan termometer, suhu di tempat Linda berada adalah 15°C . Karena merasakan kedinginan, Linda segera mendirikan tenda dan masuk kedalam tenda untuk menghangatkan badannya. Ketika di dalam tenda, Linda merasa sedikit hangat karena ternyata suhu di dalam tenda naik 2°C dibanding diluar tenda. Jika $\gamma = 1,4$; $R = 8,31 \text{ J/mol K}$; $M = 29 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- i) Cepat rambat bunyi di luar tenda $339,9 \text{ m/s}$
 - ii) Cepat rambat bunyi di luar tenda $341,1 \text{ m/s}$
 - iii) Suhu mempengaruhi cepat rambat bunyi
 - iv) Suhu didalam tenda $339,9 \text{ m/s}$
- Berdasarkan data diatas, pernyataan yang benar adalah ...
- a. i dan ii
 - b. ii dan iii
 - c. iii dan iv
 - d. i dan iii
 - e. semua pernyataan benar

23. Pada siang hari yang terik, Rina merasa kehausan dan dia memutuskan untuk membuat minuman dingin. Ketika Rina menuangkan air pada gelas bening yang berisi sendok didalamnya, sendok terlihat patah. Untuk memastikan hal tersebut, Rina mengangkat sendok itu, dan ternyata sendok itu tidak patah. Peristiwa yang dialami Rina ini disebabkan oleh...
- a. Penyerapan cahaya
 - b. Pembelokan cahaya
 - c. Pembiasan cahaya
 - d. Perpaduan cahaya
 - e. Penguraian cahaya
24. Pada saat Joko mengendarai mobil di jalan raya, ia mendengar sirene Ambulance secara samar-samar. Setelah 10 detik, suara sirene ambulance tersebut semakin kencang hingga akhirnya ambulance tersebut bersebelahan dengan mobil Joko dan

25. kemudian meninggalkan mobil Joko. Ketika ambulance tersebut mulai menjauhi mobil Joko, suara sirene ambulance kembali menjadi samar-samar hingga akhirnya Joko tidak dapat mendengarnya. Hal tersebut menyebabkan Joko membuat beberapa kesimpulan yaitu :
- i) Peristiwa ini merupakan contoh pemantulan gelombang bunyi
 - ii) Kecepatan ambulance mempengaruhi frekuensi bunyi yang ia dengar
 - iii) Peristiwa yang dialami Joko merupakan contoh dari efek doppler
 - iv) Frekuensi bunyi yang di dengar Joko berbanding terbalik frekuensi asli sirene ambulance
- Berdasarkan kesimpulan diatas, kesimpulan yang tepat diambil Joko adalah ...
- a. i dan ii
 - b. ii dan iii
 - c. iii dan iv
 - d. iv dan i
 - e. semua kesimpulan Joko benar
26. Pada hari Rabu kemarin, Roni berolahraga di sebuah lapangan belakang rumahnya. Ketika sedang asyik berolahraga, Roni dipanggil ibunya dengan frekuensi teriakan 50 Hz untuk pulang. Jika pada saat itu udara merambat dengan kecepatan 300 m/s , maka pernyataan berikut yang benar adalah ...
- a. Frekuensi berbanding terbalik dengan cepat rambat bunyi
 - b. Cepat rambat bunyi berbanding lurus dengan panjang gelombang
 - c. Periode yang didapat adalah 2 s
 - d. Panjang gelombang yang didapat adalah 6 m
 - e. Tidak ada pernyataan yang tepat

Lampiran 7**Daftar Nilai Soal Test Uji Coba**

No	Nama	Nilai
1	Aditya Linggar Pramudya	50
2	Afdal Aditya Danardi	40
3	Ameliana Nawa Prismadani	30
4	Angelica Brilian Wulansari	27,5
5	Annisa Kusuma Wardani	35
6	Chelziana Warcov Agnesia	35
7	Clarisa Adya Febiola	45
8	Dimas Aji Pamungkas	40
9	Erlina Putri Lestari	20
10	Fadilla Hana Latifatul Uyun	45
11	Fikri Wildan Ariyananda	35
12	Guntur Prastyo	35
13	Intan Nur Halimah	20
14	Jelang Fajar Lakshita Desi	30
15	Kholifatun Jariyah	35
16	Maulinda Mulya Dinata	37,5
17	Meirany Sasitha Kirana	40
18	Moga Gista Amalia Yumna	40
19	Moh Farkhan Najakh	32,5

20	Muhammad Rico Akbar Suheri	32,5
21	Nathania Dhea Christina	30
22	Nayla Puspa Maharani	40
23	Rafika Attala Mohamad	20
24	Raisya Putri Amalia	42,5
25	Rakha Indra Kumara	25
26	Rafini Safitri	30
27	Ryan Derix Hermawan	30
28	Salsa Fatimah Zahra	35
29	Setyawan Arya Pamungkas	35
30	Chinta Nurcahayani	22,5
31	Valenciana Tasya Putri C	25
32	Vina Virnandia	25
33	Zahwa Rizky Putra Heriyani	20

Lampiran 9**Jawaban Soal Uji Coba**

Nama : Fikri Wildan A (14)

Kelas : 12 MIPA 3

Absen : 11

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| 1. A | 11. E | 21. E | 31. D |
| 2. D | 12. A | 22. A | 32. E |
| 3. C | 13. C | 23. B | 33. A |
| 4. B | 14. D | 24. A | 34. C |
| 5. A | 15. B | 25. D | 35. E |
| 6. C | 16. A | 26. B | 36. D |
| 7. A | 17. E | 27. A | 37. C |
| 8. D | 18. C | 28. D | 38. B |
| 9. B | 19. D | 29. D | 39. E |
| 10. C | 20. C | 30. E | 40. D |

Rabha Indra K. (16)

XI MIPA 5

25

1 A	11 E	21 A	31 D
2 E	12 D	22 C	32 E
3 C	13 E	23 D	33 A
4 E	14 B	24 A	34 C
5 B	15 D	25 E	35 A
6 B	16 E	26 E	36 E
7 A	17 D	27 C	37 D
8 A	18 C	28 C	38 D
9 C	19 D	29 D	39 C
10 B	20 C	30 E	40 D



Maulida Mulya Dinata (15) Absen = 16
XII MIPA 3

1. A	11. A	21. A	31. D
2. D	12. D	22. C	32. A
3. E	13. C	23. C	33. A
4. C	14. A	24. A	34. E
5. B	15. C	25. A	35. C
6. D	16. B	26. C	36. D
7. A	17. E	27. D	37. A
8. C	18. D	28. A	38. E
9. D	19. E	29. C	39. A
10. A	20. C	30. D	40. D

Lampiran 10

Hasil Analisis Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Peserta Didik

Jumlah Soal	Kategori Soal	Persentase
12	C4	57%
9	C5	42%
4	C6	26%

Analisis Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Peserta Didik

Jum	rata	presentase	presentase total			
10	0,83	83%	57%	5	0,42	42%
7	0,58	58%		7	0,58	58%
9	0,75	75%		7	0,58	58%
8	0,67	67%		1	0,08	8%
4	0,33	33%		9	0,75	75%
6	0,50	50%		8	0,67	67%
7	0,58	58%		5	0,42	42%
10	0,83	83%		10	0,83	83%
6	0,50	50%		5	0,42	42%
8	0,67	67%		7	0,58	58%
7	0,58	58%		4	0,33	33%
7	0,58	58%		8	0,67	67%
4	0,33	33%		4	0,33	33%
9	0,75	75%		7	0,58	58%
7	0,58	58%		5	0,42	42%
5	0,42	42%		6	0,50	50%
7	0,58	58%		9	0,75	75%
7	0,58	58%		10	0,83	83%

Jumlah	rata	rata	presentase	presentase total			
4	0,44	44%	42%	6	0,67	67%	
3	0,33	33%		2	0,22	22%	
2	0,22	22%		4	0,44	44%	
6	0,67	67%		2	0,22	22%	
2	0,22	22%		4	0,44	44%	
6	0,67	67%		6	0,67	67%	
3	0,33	33%		6	0,67	67%	
2	0,22	22%		1	0,11	11%	
6	0,67	67%		4	0,44	44%	
3	0,33	33%		5	0,56	56%	
2	0,22	22%		2	0,22	22%	
6	0,67	67%		3	0,33	33%	
3	0,33	33%		5	0,56	56%	
2	0,22	22%		8	0,89	89%	
5	0,56	56%		2	0,22	22%	
1	0,11	11%		3	0,33	33%	
5	0,56	56%		5	0,56	56%	
2	0,22	22%		4	0,44	44%	

jumlah	rata	rata	presentase	total			
1	0,25	25%	26%	3	0,75	75%	
1	0,25	25%		1	0,25	25%	
1	0,25	25%		2	0,5	50%	
0	0	0%		2	0,5	50%	
1	0,25	25%		0	0	0%	
0	0	0%		0	0	0%	
1	0,25	25%		2	0,5	50%	
0	0	0%		0	0	0%	
2	0,5	50%		2	0,5	50%	
0	0	0%		0	0	0%	
2	0,5	50%		1	0,25	25%	
1	0,25	25%		1	0,25	25%	
2	0,5	50%		2	0,5	50%	
1	0,25	25%		0	0	0%	
1	0,25	25%		1	0,25	25%	
1	0,25	25%		1	0,25	25%	
1	0,25	25%		1	0,25	25%	
1	0,25	25%		1	0,25	25%	
3	0,75	75%		1	0,25	25%	

Lampiran 11

Lembar Soal Uji Coba

1. Rudi mempunyai suatu peluit dan akan ditiup pada sebuah lapangan. Ketika di lapangan Rudi meniup peluit tersebut dan diketahui bahwa panjang gelombang suara peluit tersebut adalah 5 meter. Jika cepat rambat bunyi udara di sekitar lapangan sebesar 340 m/s, maka dapat disimpulkan bahwa frekuensi gelombang bunyi pada peluit sebesar....
- 68 Hz
 - 0,014 Hz
 - 1700 Hz
 - 6,8 Hz
 - 0,147 Hz

2. Perhatikan tabel berikut ini

No	Gejala gelombang bunyi	Contoh Peristiwa
1	Pembiasan	Seseorang dapat mendengar suara dari ruangan di sebelahnya
2	Interferensi	Suara terdengar keras pada malam hari dibanding siang hari
3	Difraksi	Gitar akustik yang di dalamnya terdapat lubang tabung
4	Pemantulan	Terjadinya gaung dan gema ketika berada di goa
5	Efek Doppler	Suara sirene ambulance yang samar ketika jaraknya jauh

Berdasarkan tabel diatas contoh gejala gelombang bunyi dan peristiwa yang sesuai adalah....

- 1 dan 2
 - 2 dan 3
 - 3 dan 4
 - 4 dan 5
 - 1 dan 5
3. Untuk merayakan kedatangan Bulan Ramadhan, Andi dan teman-temannya membunyikan sebuah petasan. Andi meletakkan petasan tersebut 20 meter didepannya. Setelah 10 detik, petasan itu meledak dan menghasilkan taraf intensitas sebesar 120dB. Jika teman-teman Andi berjarak 180 meter dari Andi, maka taraf intensitas yang terdengar oleh teman-teman Andi sebesar...
- 70 dB
 - 80 dB
 - 90 dB
 - 100 dB
 - 110 dB
4. Pagi tadi Amir mencuci sepeda motornya yang kotor akibat hujan kemarin menggunakan campuran air dan sabun. Ketika selesai mencuci motor, ternyata air sabun tersebut masih tersisa, alhasil Amir membuat gelembung sabun menggunakan air sabun tersebut. Ketika gelembung sabun tersebut berterbangan, terlihat ada beberapa warna seperti pelangi yang berada pada gelembung sabun tersebut. Hal tersebut dapat terjadi karena salah satu gejala gelombang cahaya adalah....
- Resonansi
 - Refraksi
 - Difraksi
 - Polarisasi
 - Interferensi
5. Rina memiliki sebuah seruling cantik pemberian dari ayahnya. Seruling tersebut mempunyai panjang 30 cm. Jika cepat rambat bunyi di udara pada saat itu adalah 300 m/s, maka berapa frekuensi nada atas kedua yang dihasilkan seruling tersebut....
- 3000 Hz
 - 300 Hz
 - 30 Hz
 - 3 Hz
6. Sebuah kereta dari Kota Alabasta bergerak dengan kecepatan 108 km/h menuju Kota Water Seven. Beberapa



detik sebelum berhenti, seorang masinis membunyikan peluit sebagai penanda bahwa kereta akan berhenti dengan frekuensi 930 Hz. Berdasarkan hal tersebut, maka frekuensi yang didengar oleh orang-orang di stasiun Kota Water Seven sebesar...

- a. 1000 Hz
 - b. 1010 Hz
 - c. 1020 Hz
 - d. 1030 Hz
 - e. 1040 Hz
7. Sebuah kapal milik TNI AL mengapung pada permukaan laut dan menemukan sebuah benda mencurigakan didalam laut. Untuk memastikan apakah benda tersebut berbahaya atau tidak, kapal TNI AL memancarkan sonar ke dalam laut. Apabila benda tersebut berada dibawah laut sejauh 4320 m, maka berapa cepat rambat bunyi sonar yang dibutuhkan agar sampai pada kapal TNI AL dengan waktu 3 detik ?
- a. 1440 m/s
 - b. 0,00069 m/s
 - c. 12960 m/s
 - d. 144,0 m/s
 - e. 12,960 m/s
8. Pada pagi hari, Yuta ke pasar dan mengendarai sepeda motor dengan kecepatan 72/h. Ketika di tangan perjalanan, ia mendengar Yuji yang sedang berada di halte berteriak memanggilmnya dengan frekuensi 640 Hz. Jika saat itu suara merambat dengan kecepatan 300m/s. Maka frekuensi asli teriakan Yuji adalah....
- a. 682,6 Hz
 - b. 600 Hz
 - c. 150 Hz
 - d. 60 Hz
 - e. 68,26 Hz
9. Pada sore hari yang cerah, Rahmat dan Agung sedang berada di lapangan yang luas. Ketika berada di lapangan, Ramhas

mencoba untuk membunyikan peluit yang diberikan ayahnya. Ketika peluit ditiup oleh Rahmat dengan kencang, Agung yang berada 100 meter dibelakang Ramhas juga mendengar suara peluit tersebut dengan suara yang lebih pelan. Berdasarkan kejadian tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa Bunyi merupakan gelombang....

- a. Elektromagnetik
 - b. Mekanik
 - c. Laut
 - d. Mikro
 - e. Udara
10. Pada hari Minggu yang cerah, Rika dan keluarganya melakukan bersih-bersih rumah. Rika mendapat bagian untuk membersihkan lantai. Ketika membersihkan lantai, Rika menggunakan alat penghisap debu. Alat tersebut menghasilkan intensitas bunyi sebesar $1 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$. Jika batas intensitas yang disarankan WHO (World Health Organization) adalah 55 dB. Maka pernyataan berikut yang sesuai adalah...
- a. Rika harus menggunakan penutup telinga, karena intensitas bunyi yang dihasilkan alat penghisap debu melebihi batas intensitas yang disarankan WHO.
 - b. Alat pembersih debu tersebut menghasilkan intensitas bunyi sebesar 100 dB
 - c. Rika tidak perlu menggunakan penutup telinga, karena intensitas bunyi yang dihasilkan alat penghisap debu masih dibawah batas intensitas yang disarankan WHO
 - d. Alat pembersih debu tersebut menghasilkan intensitas bunyi sebesar 45 dB
 - e. Tidak ada pernyataan yang sesuai
11. KRI Bima Ruci sedang melakukan tugas pencarian benda yang tenggelam dengan memancarkan gelombang sonar dengan

kecepatan rambat sebesar 1400 m/s . Setelah 2 detik gelombang sonar tersebut tertangkap detector yang berada pada kapal. Berdasarkan hal tersebut makabawa kedalaman benda yang tersebut adalah

- 700 meter
 - 2800 meter
 - 350 meter
 - 5600 meter
 - 1400 meter
12. Doni memiliki sebuah gitar yang diberikan oleh ibunya. Pada saat ingin memainkan gitar tersebut, senar pada gitar tersebut putus karena Doni memetikanya terlalu kencang. Hal tersebut membuat Doni membeli senar yang baru dan memiliki spesifikasi yang sama dengan senar yang putus tersebut. Jika senar tersebut memiliki panjang 100 cm dan berat sebesar $1,6 \text{ N}$. Maka berapa cepat rambat bunyi yang terjadi bila Doni memetik senar tersebut dengan tegangan 40 N ?
- 640 m/s
 - $4 \times 10^4 \text{ m/s}$
 - 50 km/h
 - 50 m/s
 - $4 \times 10^4 \text{ km/h}$
13. Ketika perjalanan pulang sekolah sebuah balon meletus sejauh 4 meter dari Kaneki. Letusan tersebut menyebabkan Kaneki kaget karena menghasilkan taraf intensitas sebesar 70 dB . Jika Touka berjarak 40 meter dari letusan balon tersebut, berapa taraf intensitas yang didengar Touka ?
- 40 dB
 - 50 dB
 - 60 dB
 - 70 dB
 - 80 dB
14. Rizal mengunjungi rumah Aldo untuk bermain piano. Saat dimainkan oleh Rizal, dawai piano tersebut menerima tegangan sebesar 200 N . Jika dawai piano tersebut memiliki massa $0,01$

gram, berapa frekuensi nada dasar yang ditimbulkan piano tersebut saat Rizal memainkannya ?

- 50 Hz
 - 70 Hz
 - 100 Hz
 - 120 Hz
 - 150 Hz
15. Berikut merupakan macam-macam gelombang :

- Longitudinal
- Mekanik
- Elektromagnetik
- Transversal
- Berjalan
- Diam

Berdasarkan data diatas, arah getar gelombang dapat dibagi menjadi dua, yaitu

- Longitudinal dan diam
 - Diam dan transversal
 - Longitudinal dan elektromagnetik
 - Transversal dan longitudinal
 - Mekanik dan berjalan
16. Pada sebuah perusahaan speaker, seorang pegawai melakukan sebuah uji coba ke produk yang telah selesai dibuat. Speaker tersebut dapat menghasilkan amplitude sebesar $0,05 \text{ m}$. Pada saat dilakukan uji coba, diketahui suara pada speaker merambat sebesar 340 m/s . Jika panjang gelombang bunyi yang dihasilkan pada speaker adalah $0,34 \text{ m}$, maka dapat disimpulkan bahwa periode gelombang bunyi speaker tersebut sebesar ...
- $0,001 \text{ s}$
 - $0,01 \text{ s}$
 - $0,1 \text{ s}$
 - 1 s
 - 10 s

17. Perhatikan tabel berikut

No	Gejala gelombang
1	Efek Doppler
2	Pembiasan
3	Interferensi
4	Pemantulan

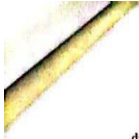
5 Polarisasi

yang bukan gejala pada gelombang mekanik ditunjukkan nomor...

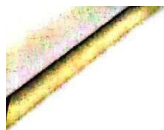
- 1 dan 3
 - 2
 - 4 dan 5
 - 3 dan 4
 - 5
18. Pada hari Minggu lalu, Riri pergi ke sebuah hotel untuk mengikuti seminar kesehatan. Karena datang lebih awal, Riri berada di tengah-tengah ruangan. Seminar ini diadakan pada ruangan yang berukuran $12 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 8 \text{ m}$. Jika pembawa cara dan pemateri seminar yang tampil menggunakan sistem amplifikasi dengan daya 500 watt dan menghasilkan intensitas suara sebesar 120 dB, maka berapa besar intensitas suara yang diterima oleh Riri (3 m dari speaker) ?
- 4,42 W/m^2
 - 44,2 W/m^2
 - 442 W/m^2
 - 0,442 W/m^2
 - 4420 W/m^2
19. Yuuki kemarin sedang jalan santai di sebuah lapangan. Ketika Yuuki telah selesai jalan santai, dia melihat Asada di kejauhan. Karena jaraknya mereka lumayan jauh, Yuuki pun berteriak memanggil Asada. Setelah 4,5 detik, Asada pun mendengar terikan Yuuki dan menoleh ke arahnya. Jika pada lapangan tersebut, bunyi merambat pada kecepatan 340 m/s, maka berapa jarak antara Yuuki dan Asada ?
- 15,3 m
 - 75,55 m
 - 0,013 m
 - 1530 m
 - 7,555 m
20. Saat Angga berwisata di Goa Kreo, Angga berteriak dan setelah beberapa detik Angga mendengar suaranya kembali. Saat mengetahui hal tersebut,

Angga menjadi penasaran dan bertanya kepada ayahnya. Ayah Angga memberi penjelasan bahwa teriakan Angga memantul pada dinding goa. Peristiwa ini disebut pemantulan bunyi. Berikut yang bukan manfaat pemantulan gelombang bunyi adalah ...

- Mendeteksi minyak bumi
 - Mengukur kedalaman laut
 - Mengukur suara dawai
 - Menentukan ketebalan logam
 - Mendeteksi kerusakan logam
21. Pada pagi hari yang cerah selepas hujan, Dayu keluar rumah untuk menghirup udara segar dan sinar matahari yang cerah. Ketika diluar rumah Dayu melihat pemandangan indah di langit, yaitu pelangi. Dari peristiwa tersebut dapat disimpulkan bahwa penampakan pelangi yang dilihat Dayu merupakan contoh peristiwa....
- Refraksi cahaya
 - Interferensi cahaya
 - Polarisasi cahaya
 - Pemantulan cahaya
 - Penyerapan cahaya
22. Robi dan kelompoknya sedang melakukan percobaan celah ganda di laboratorium. Pada percobaan tersebut, Robi meletakkan sebuah layar yang berjarak 1,5 dari celah. Panjang gelombang yang dihasilkan adalah 640 nm. Apabila dari percobaan tersebut dihasilkan jarak kedua celah adalah 0,24 mm, maka jarak dua pita terang yang berdekatan adalah...
- 4 mm
 - 4 nm
 - 4 m
 - 4 cm
 - 4 hm
23. Abdul menyinari sebuah celah sempit pada dinding rumahnya menggunakan sebuah senter. Ketika di lihat dari luar oleh Zaki, ternyata cahaya tersebut menembus celah sempit tersebut. Berdasarkan fenomena yang telah



- disajikan, maka dapat disimpulkan jika gelombang melewati celah sempit akan mengalami...
- Polarisasi
 - Pemantulan
 - Difraksi
 - Pembelokan
 - Penundaan
24. Sebuah cahaya monokromatik menembus dua celah sempit yang memiliki jarak $0,02 \text{ cm}$. Celah tersebut membentuk pola interferensi pada layar yang terpisah 2 meter . Berapa panjang gelombang yang dihasilkan agar jarak garis terang ke empat dari terang pusat sebesar 10 mm ?
- 250 nm
 - 25 nm
 - 25 cm
 - $0,25 \text{ cm}$
 - $2,5 \text{ nm}$
25. Perhatikan pernyataan berikut :
- memperbanyak orde garis terang
 - memperbesar jarak antar dua celah
 - menjauhkan layar dari celah
 - mengganti cahaya yang panjang gelombangnya lebih kecil
- Berdasarkan pernyataan diatas, untuk memperkecil jarak dua garis terang yang berdekatan dapat dilakukan dengan cara...
- 1 dan 2
 - 2 dan 3
 - 3 dan 4
 - 1 dan 4
 - Hanya 4
26. Bobi melakukan sebuah percobaan kisi difraksi pada hari Kamis kemarin. Pada percobaan tersebut, Bobi memiliki kisi. Kisi tersebut mempunyai $2 \times 10^3 \text{ garis/cm}$ Ketika dilewati seberkas sinar monokromatis. Apabila sudut deviasi garis terang pertama yang digunakan Bobi adalah 30° . Panjang gelombang sinar monokromatis yang ditimbulkan sebesar...
- 25 nm
 - 250 nm
 - 250 cm
 - 25 mm
 - $2,5 \text{ nm}$
27. Sebuah kisi memiliki 12.500 garis/cm . Seberkas sinar monokromatis datang tegak lurus pada kisi. Bila spektrum orde pertama membentuk sudut 30° dengan garis normal pada kisi, maka panjang gelombang sinar tersebut adalah.....
- $4 \cdot 10^5 \text{ m}$
 - $4 \cdot 10^{10} \text{ cm}$
 - $4 \cdot 10^3 \text{ m}$
 - $4 \cdot 10^5 \text{ cm}$
 - $4 \cdot 10^{10} \text{ mm}$
28. Sebuah kisi difraksi dengan memiliki kisi 500 garis/cm digunakan untuk mendifraksikan cahaya pada layar yang berjarak 1 m dari kisi. Jika jarak antara dua garis terang yang berurutan $2,4 \text{ cm}$, maka panjang gelombang yang digunakan adalah...
- $4,8 \cdot 10^4 \text{ m}$
 - $4,8 \cdot 10^6 \text{ cm}$
 - 48 nm
 - 480 cm
 - 480 nm
29. Pada pagi hari yang cerah, Putri bangun tidur lantas bercermin. Pada cermin terdapat wajah Putri secara jelas dan nyata. Setelah selesai bercermin, Putri ke dapur untuk mengambil sendok logam dan dia melihat wajahnya pada sendok. Setelah mengambil sendok, Putri ke kamar mandi untuk mandi pagi dan dia melihat wajahnya pada air yang berada di bak mandi. Berdasarkan kejadian yang dialami oleh putri, dapat disimpulkan bahwa salah satu sifat gelombang cahaya adalah....
- Interferensi
 - Polarisasi
 - Difraksi
 - Refleksi



- e. Refraksi
30. Sebuah celah sempit sebesar 4mm dilewati cahaya dengan panjang gelombang 400 nm. Jarak pita gelap ke - 3 dari terang pusat yang terlihat pada layar yang berjarak 1 m dari celah adalah ...
- 35 mm
 - 3,5 mm
 - 35 cm
 - 35 nm
 - 3,5 cm
31. Hari ini Mehdi ingin menuju pantai untuk mengisi waktu luang. Ketika sampai pantai, ia merasa silau saat melihat air laut. Untuk mengatasi hal ini, ia mengenakan kacamata khusus yang dilapisi filter sinar cahaya matahari yang akan masuk. Ternyata apa yang dilakukan Mehdi berhasil membuat matanya tidak silau. Gejala yang dialami gelombang cahaya berdasarkan kejadian yang dialami Mehdi adalah...
- Refraksi
 - Refleksi
 - Difraksi
 - Polarisasi
 - Resonansi
32. Suatu berkas sinar sejajar mengenai celah yang lebarnya 0,4 mm secara tegak lurus. Di belakang celah diberi lensa positif dengan jarak titik celah ke layar 40 cm. Jika jarak antara garis terang dari pusat adalah 0,56 mm. Panjang gelombang sinar adalah....
- $5,6 \cdot 10^{-10}$ m
 - $5,6 \cdot 10^{-12}$ m
 - $5,6 \cdot 10^{-8}$ m
 - $5,6 \cdot 10^{-7}$ m
 - $5,6 \cdot 10^{-11}$ m
33. Berikut karakteristik pada gelombang bunyi dan cahaya
- Dapat dipantulkan
 - Dapat dibiaskan
 - Melalui medium untuk merambat
 - Termasuk gelombang elektromagnetik
- 5) Termasuk gelombang mekanik
- Berdasarkan pernyataan diatas, persamaan antara gelombang bunyi dan cahaya ditunjukkan oleh nomer....
- 1 dan 2
 - 2 dan 3
 - 3 dan 4
 - 4 dan 5
 - 1 dan 5
34. Pandu kemarin melakukan percobaan celah ganda didalam laboratorium. Pandu memulai percobaan dengan menyinari celah ganda yang memiliki jarak antar celah 0,3 cm, sehingga terbentuk pola gelap terang pada layar yang berjarak 0,9 m dari celah. Kemudian terbentuk garis gelap kedua yang memiliki jarak 3 mm dari pusat pola. Berdasarkan percobaan yang dilakukan Pandu, berapa panjang gelombang cahaya tersebut ?
- $1,3 \times 10^6$ m
 - $2,2 \times 10^6$ m
 - $3,3 \times 10^6$ m
 - $6,7 \times 10^6$ m
 - $10,6 \times 10^6$ m
35. Seberkas cahaya monokromatik dengan panjang gelombang 500 nm tegak lurus pada kisi difraksi. Jika kisi memiliki 400 garis tiap cm dan sudut deviasi 30° , maka banyaknya garis terang yang terjadi pada layar ...
- 24
 - 25
 - 26
 - 50
 - 51
36. Waktu Hari Minggu kemarin, Linda mendaki Gunung Ungaran yang memiliki ketinggian 2050 meter diatas permukaan laut. Ketika sampai di tempat mendinding tenda, Linda merasakan kedinginan dan setelah di cek menggunakan termometer, suhu di tempat Linda berada adalah 15°C . Karena merasakan kedinginan, Linda

segera mendirikan tenda dan masuk ke dalam tenda untuk menghangatkan badannya. Ketika di dalam tenda, Linda merasa sedikit hangat karena ternyata suhu di dalam tenda naik 2°C dibanding diluar tenda. Jika $\gamma = 1,4$; $R = 8,31 \text{ J/mol K}$; $M = 29 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- i) Cepat rambat bunyi di luar tenda $339,9 \text{ m/s}$
 - ii) Cepat rambat bunyi di luar tenda $341,1 \text{ m/s}$
 - iii) Suhu mempengaruhi cepat rambat bunyi
 - iv) Suhu didalam tenda $339,9 \text{ m/s}$
- Berdasarkan data diatas, pernyataan yang benar adalah....
- a. i dan ii
 - b. ii dan iii
 - c. iii dan iv
 - d. i dan iii
 - e. semua pernyataan benar

37. Pada siang hari yang terik, Rina merasa kehausan dan dia memutuskan untuk membuat minuman dingin. Ketika Rina menuangkan air pada gelas bening yang berisi sendok didalamnya, sendok terlihat patah. Untuk memastikan hal tersebut, Rina mengangkat sendok itu, dan ternyata sendok itu tidak patah. Peristiwa yang dialami Rina ini disebabkan oleh....

- a. Penyerapan cahaya
 - b. Pembelokan cahaya
 - c. Pembiasan cahaya
 - d. Perpaduan cahaya
 - e. Penguraian cahaya
38. Pada saat Joko mengendarai mobil di jalan raya, ia mendengar sirene Ambulance secara samar-samar. Setelah 10 detik, suara sirene ambulance tersebut semakin kencang hingga akhirnya ambulance tersebut bersebelahan dengan mobil Joko dan kemudian meninggalkan mobil Joko. Ketika ambulance tersebut mulai menjauhi mobil Joko, suara sirene

ambulance kembali menjadi samar-samar hingga akhirnya Joko tidak dapat mendengarnya. Hal tersebut menyebabkan Joko membuat beberapa kesimpulan yaitu :

- i) Peristiwa ini merupakan contoh penantulan gelombang bunyi
- ii) Kecepatan ambulance mempengaruhi frekuensi bunyi yang ia dengar
- iii) Peristiwa yang dialami Joko merupakan contoh dari efek doppler
- iv) Frekuensi bunyi yang di dengar Joko berbanding terbalik frekuensi asli sirene ambulance

Berdasarkan kesimpulan diatas, kesimpulan yang tepat diambil Joko adalah....

- a. i dan ii
- b. ii dan iii
- c. iii dan iv
- d. iv dan i
- e. semua kesimpulan Joko benar

39. Pada pagi hari yang cerah, Rina mengendarai motor dengan kecepatan 72 km/h untuk berangkat kerja. Ketika di tengah perjalanan, Rina mendengar bel masuk sekolah dengan frekuensi 640 Hz . Apabila pada saat itu bunyi merambat dengan kecepatan 300 m/s , maka berapa frekuensi asli bel sekolah tersebut ?

- a. $682,6 \text{ Hz}$
- b. $597,3 \text{ Hz}$
- c. 600 Hz
- d. 687 Hz
- e. $602,3 \text{ Hz}$

40. Pada hari Rabu kemarin, Roni berolahraga di sebuah lapangan belakang rumahnya. Ketika sedang asyik berolahraga, Roni dipanggil ibunya dengan frekuensi teriakan 50 Hz untuk pulang. Jika pada saat itu udara merambat dengan kecepatan 300 m/s , maka pernyataan berikut yang benar adalah

- a. Frekuensi berbanding terbalik dengan cepat rambat bunyi
- b. Cepat rambat bunyi berbanding lurus dengan panjang gelombang
- c. Periode yang didapat adalah 2 s
- d. Panjang gelombang yang didapat adalah 6 m
- e. Tidak ada pernyataan yang tepat

Lampiran 12

Dokumentasi Pengerjaan Soal Uji Coba



Dokumentasi Pengerjaan Soal Test





Lampiran 13

Penunjukan Pembimbing



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Prof. Hamka kampus II Ngaliyan Semarang Telp. 024-76433366 Semarang 50185

Semarang, 06 Desember 2022

Nomor: B.8376/Un.10.8/J6/DA.04.09/12/2022

Hal : Penunjukan Pembimbing Skripsi

Kepada Yth. :
Fachrizal Rian Pratama, M.Sc.
di Semarang

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Berdasarkan hasil pembahasan usulan judul penelitian di jurusan Pendidikan Fisika, maka Fakultas Sains dan Teknologi menyetujui judul skripsi mahasiswa:

Nama : Hernandha Mika Zudhiestira

NIM : 1908066031

Judul : Pengembangan E-LKPD Terintegrasi *Augmented Reality* Pada Materi Gelombang Bunyi Dan Cahaya Untuk Meningkatkan Kemampuan HOTS

Dan menunjuk Saudara :
Fachrizal Rian Pratama, M.Sc. sebagai pembimbing.

Demikian penunjukan pembimbing skripsi ini disampaikan dan atas kerja sama yang diberikan kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

A.n Dekan
Ketua Jurusan Pendidikan Fisika

Dr. Joko Budi Poernomo, M.Pd.
NIP. 19760214 2008011 011

Tembusan:

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo sebagai laporan
2. Mahasiswa yang bersangkutan
3. Arsip

Lampiran 14

Pengesahan Seminar Proposal



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
 UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
 FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
 Alamat: Jl.Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang Telp. (024) 76433366
 E-mail: fst@walisongo.ac.id, Web: www.fst.walisongo.ac.id

PENGESEHAN

Naskah proposal skripsi berikut ini:

Judul : PENGEMBANGAN E-LKPD TERINTEGRASI AUGMENTED REALITY PADA
 MATERI GELOMBANG BUNYI DAN CAHAYA UNTUK MENINGKATKAN
 KEMAMPUAN HOTS
 Penulis : Hernandha Mika Zudhiestira
 NIM : 1908066031
 Jurusan : Pendidikan Fisika

Telah diujikan dalam seminar proposal oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN
 Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu
 Pendidikan Fisika.

Semarang, 27 Februari 2023

DEWAN PENGUJI

Penguji I,

Muhammad Ardh Khalif, M.Sc.
 NIP. 198210092011010

Penguji II,

Hartono, M.Sc.
 NIP. 199009242019031006

Penguji III,

Fachrizal Rian Pratama, M.Sc.
 NIP. 198906262019031012

Penguji IV,

Isukmah, M.Sc.
 NIP. 199011262019032021

Pembimbing I,


Edi Daenuri Anwar, M.Si.
 NIP. 197907262009121002

Pembimbing II,

Fachrizal Rian Pratama, M.Sc.
 NIP. 198906262019031012

Lampiran 15

Izin Riset Kampus

	KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI Alamat: Jl.Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang 50185 E-mail: fs@walisongo.ac.id, Web : http://fs.walisongo.ac.id
---	--

Nomor	: B.2139/Un.10.8/K/SP.01.08/03/2023	16 Maret 2023
Lamp	: Proposal Skripsi	
Hal	: Permohonan Izin Riset	

Kepada Yth.
Kepala Cabang Dinas Pendidikan Wilayah I
di tempat

Assalamu'alaikum Wr. Wb.


Diberitahukan dengan hormat dalam rangka penulisan skripsi, bersama ini kami sampaikan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama	: Hernandha Mika Z
NIM	: 1908066031
Fakultas/Jurusan	: Sains dan Teknologi / Pendidikan Fisika
Judul Penelitian	: Pengembangan E-LKPD Terintegrasi <i>Augmented Reality</i> pada Materi Gelombang Bunyi dan Cahaya untuk Meningkatkan Kemampuan HOTS

Dosen Pembimbing : 1. Edi Daenuri Anwar , M.Si
2. Fachrizal Rian Pratama , M.Sc

Mahasiswa tersebut membutuhkan data-data dengan tema/judul skripsi yang sedang disusun, oleh karena itu kami mohon mahasiswa tersebut Meminta ijin melaksanakan Riset di SMAN 8 Semarang , yang akan dilaksanakan pada tanggal 17 Maret – 10 April 2023

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Dekan
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang
Kharis, SH, M.H
19691017 199403 1 002

Tembusan Yth.
1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Arsip

Lampiran 16

Penunjukkan Validator



KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
alamat: Jl.Prof. Dr. Hamka Km. 1 Semarang Telp. 024 76433366 Semn.ang 50185
E-mail : Web : <http://fsti.walisongo.ac.id>

Nomor : B.2265/Un.10.8/D/SP.01.06/03/2023 07 Maret 2023
Lamp : -
Hal : Permohonan Validasi Instrumen

Kepada Yth.

1. Irman Said Prasetyo , M.Sc , Validator Instrumen Ahli Soal Materi dan Media (Dosen Pendidikan Fisika FST UIN Walisongo)
2. Istikomah , M.Sc Validator Instrumen Ahli Soal Materi dan Media (Dosen Pendidikan Fisika FST UIN Walisongo), di tempat.

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Bersama ini kami mohon dengan hormat, kiranya Bapak/Ibu/Saudara menjadi validator ahli instrument untuk penelitian skripsi:

Nama : Hernandha Mika Zudhiestira
NIM : 1908066031
Program Studi : Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo
Judul : Pengembangan E-LKPD Terintegrasi *Augmented Reality* pada Materi Gelombang dan Cahaya untuk Meningkatkan Kemampuan HOTS

Demikian atas perhatian dan berkenannya menjadi validator ahli instrument kami ucapkan terima kasih

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.



Tembusan Yth.

1. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo (sebagai laporan)
2. Arsip

Lampiran 17

Surat Izin Riset Dinas



**PEMERINTAH PROVINSI JAWA TENGAH
DINAS PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
CABANG DINAS PENDIDIKAN I**

Jalan Gari Satrio, Komplek TuguPahlawan, Ungaran Selatan (5214) 76910066
Faksimile (024) 76910066 Laman web: d1.pjkatang.go.id
Surel Elektronik: cabdusdikw1@gmail.com

NOTA DINAS

Kepada Yth. : KEPALA SEKOLAH SMA NEGERI 08
Dari : KEPALA CABANG DINAS PENDIDIKAN I
Tanggal : 09 Maret 2023
Nomor : 070.35
Hal : Permohonan Pemberian Ijin Riset

Menindaklanjuti surat permohonan dari Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo Semarang, Nomor : B.1920/Un.10.8/K/SP.01.08.03/2023, tanggal 8 Maret 2023, perihal sebagaimana tersebut pada pokok surat diatas, kami sampaikan hal-hal sebagai berikut :

1. Kepala Cabang Dinas Pendidikan Wilayah I Dinas Pendidikan Dan Kebudayaan Provinsi Jawa Tengah, memberikan ijin kepada :
 - Nama : Hernandha Mika Z
 - NIM : 1908066031
 - Progdi : S-1, Pendidikan Fisika
 - Judul Penelitian : Pengembangan E-LKPD Terintegrasi Augmented Reality Pada Materi Gelombang Bunyi dan Cahaya Untuk Meningkatkan Kemampuan HOTS.
2. Kegiatan dilaksanakan pada :
 - Tanggal : 17 Maret s.d 10 April 2023
 - Pukul : 08.00 WIB – selesai
 - Lokasi : SMA Negeri 8 Semarang
3. Hal – hal yang perlu diperhatikan :
 - a. Harus sesuai dengan peraturan yang berlaku;
 - b. Kepala Sekolah bertanggung jawab penuh terhadap pelaksanaan riset yang dimulai pukul 08.00 WIB sampai dengan selesai;
 - c. Saat pelaksanaan riset tidak mengganggu proses jam belajar mengajar;
 - d. Pemberian ijin ini hanya untuk kegiatan tersebut diatas, apabila dalam pelaksanaan terjadi penyimpangan dari ketentuan yang telah ditetapkan maka pemberian ijin ini dicabut;
 - e. Apabila Kegiatan tersebut telah selesai agar segera memberikan laporan hasil kegiatan ke Cabang Dinas Pendidikan Wilayah I.

Demikian untuk menjadikan maklum dan atas perhatiannya disampaikan terima kasih

KEPALA CABANG DINAS PENDIDIKAN I
PROVINSI JAWA TENGAH



SUNARTO, S.Pd., M.Pd.
Pembina
NIP 19700529 199301 1 002



Dokumen ini ditandatangani secara elektronik dengan menggunakan Sertifikat Elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikasi Elektronik (BSrE) BSSN

Lampiran 28

Surat Keterangan Selesai Riset



PEMERINTAH PROVINSI JAWA TENGAH
DINAS PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
**SEKOLAH MENENGAH ATAS NEGERI 8
SEMARANG**

Jl. Raya Tugu Semarang ☎ 8661798-8664553 Fax. (024) 8661798 ✉ 50185
Surat Elektronik : sman8smg@yahoo.com , Laman : <http://www.sman8smg.id>

SURAT KETERANGAN
Nomor : 423.4/343/V/2023

Yang bertanda tangan di bawah ini Kepala SMA Negeri 8 Semarang, menerangkan bahwa Saudara tersebut di bawah ini:

Nama : **Hernandha Mika Z**
N I M : **1908066031**
Fak./Jurusan : **Sains dan Teknologi / Pendidikan Fisika**
Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang

telah melakukan riset di SMA Negeri 8 Semarang untuk keperluan penyusunan skripsi :

Waktu : 17 Maret s.d. 10 April 2023
Judul Skripsi : Pengembangan E-LKPD Terintegrasi *Augmented Reality* pada Materi Gelombang Bunyi dan Cahaya untuk Meningkatkan Kemampuan HOTS

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 29 Mei 2023

Kepala SMA N 8 Semarang



Sulandhi S. Pd., M.Pd.

NIP. 19750902 200801 2 008

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Hernandha Mika
Zudhiestira
2. Tempat & Tanggal Lahir : Semarang, 9 Februari
2002
3. Alamat Rumah : Jalan Pundensari RT
8/2 Karanganyar Tugu Semarang
4. No HP : 081228481713
5. Email :
hernandhamika@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. TK Pertiwi 40 Semarang
2. SDN Karanganyar 01 Semarang
3. SMPN 1 Semarang
4. SMAN 8 Semarang

C. Riwayat Pengalam Organisasi

1. IKANMAS UIN Walisongo Semarang
2. Saintek Sport UIN Walisongo Semarang
3. HMJ Fisika UIN Walisongo Semarang
4. IHAMAFI Wilayah 3